MICHIO KAKU

CÁC THẾ GIỚI SONG SONG

Du hành qua sáng thế, các chiều không gian bậc cao và tương lai của vũ trụ

VƯƠNG NGÂN HÀ *dịch*

nhã nam
THẾ GIỚI
NHÀ XUẤT BẢN THẾ GIỚI

CÁC
THẾ
GIỚI
SONG
SONG

Copyright © 2005 by Michio Kaku
All rights reserved.

Dịch từ nguyên bản tiếng Anh, *Parallel Worlds*, của **Michio Kaku**,
NXB Anchor Books. Xuất bản theo hợp đồng nhượng quyền
giữa tác giả **Michio Kaku** và **Nhã Nam**, thông qua **Stuart Krichevsky Literary Agency, Inc.**

Bản quyền bản tiếng Việt © Công ty Văn hóa & Truyền thông Nhã Nam, 2015.

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ. Mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phân phối dưới dạng in ấn hoặc văn bản điện tử, đặc biệt là việc phát tán trên mạng Internet mà không có sự cho phép bằng văn bản của Nhà xuất bản là vi phạm pháp luật và làm tổn hại đến quyền lợi của nhà xuất bản và tác giả. Không ủng hộ, khuyến khích những hành vi vi phạm bản quyền. Chỉ mua bán bản in hợp pháp.

MICHIO KAKU

CÁC THẾ GIỚI SONG SONG

Du hành qua sáng thế, các chiều không gian bậc cao
và tương lai của vũ trụ

VƯƠNG NGÂN HÀ *dịch*

nhã nam
THẾ GIỚI
NHÀ XUẤT BẢN
THẾ GIỚI

Cuốn sách được dành tặng cho Shizue,
người vợ yêu thương của tôi.

LỜI CẢM TẠ

Tôi muốn gửi lời cảm ơn tới các nhà khoa học sau, những người đã rất lịch thiệp khi bớt chút thời gian của họ để trả lời phỏng vấn. Các nhận xét, quan sát và các ý tưởng của họ đã làm phong phú rất nhiều cho cuốn sách này và tăng thêm độ sâu cùng trọng tâm cho nó:

- Steven Weinberg, người đoạt giải Nobel, Đại học Texas tại Austin
- Murray Gell-Mann, người đoạt giải Nobel, Viện Santa Fe và Học viện Công nghệ California
- Leon Lederman, người đoạt giải Nobel, Học viện Công nghệ Illinois
- Joseph Rotblat, người đoạt giải Nobel, Bệnh viện St. Bartholomew (đã nghỉ hưu)
- Walter Gilbert, người đoạt giải Nobel, Đại học Harvard
- Henry Kendall, người đoạt giải Nobel, Học viện Công nghệ Massachusetts (đã mất)
- Alan Guth, nhà vật lý, Học viện Công nghệ Massachusetts
- Tôn ông Martin Rees, nhà thiên văn Hoàng gia Vương quốc Anh, Đại học Cambridge
- Freeman Dyson, nhà vật lý, Viện Nghiên cứu cao cấp, Đại học Princeton
- John Schwarz, nhà vật lý, Học viện Công nghệ California
- Lisa Randall, nhà vật lý, Đại học Harvard
- J. Richard Gott III, nhà vật lý, Đại học Princeton
- Neil de Grasse Tyson, nhà thiên văn, Đại học Princeton và Cung thiên văn Hayden
- Paul Davies, nhà vật lý, Đại học Adelaide
- Ken Croswell, nhà thiên văn, Đại học California, Berkeley

- Don Goldsmith, nhà thiên văn, Đại học California, Berkeley
- Brian Greene, nhà vật lý, Đại học Columbia
- Cumrun Vafa, nhà vật lý, Đại học Harvard
- Stuart Samuel, nhà vật lý, Đại học California, Berkeley
- Carl Sagan, nhà thiên văn, Đại học Cornell (đã mất)
- Daniel Greenberger, nhà vật lý, Trường Đại học thành phố New York (City College of New York)
- V. P. Nair, nhà vật lý, Trường Đại học thành phố New York
- Robert P. Kirshner, nhà thiên văn, Đại học Harvard
- Peter D. Ward, nhà địa chất, Đại học Washington
- John Barrow, nhà thiên văn, Đại học Sussex
- Marcia Bartusiak, nhà báo khoa học, Học viện Công nghệ Massachusetts
- John Casti, nhà vật lý, Viện Santa Fe
- Timothy Ferris, nhà báo khoa học
- Michael Lemonick, nhà văn khoa học, tạp chí *Time*
- Fulvio Melia, nhà thiên văn, Đại học Arizona
- John Horgan, nhà báo khoa học
- Richard Muller, nhà vật lý, Đại học California, Berkeley
- Lawrence Krauss, nhà vật lý, Đại học Khu bảo tồn Miền Tây Case
- Ted Taylor, nhà thiết kế bom nguyên tử
- Philip Morrison, nhà vật lý, Học viện Công nghệ Massachusetts
- Hans Moraves, nhà khoa học máy tính, Đại học Carnegie Mellon
- Rodney Brooks, nhà khoa học máy tính, Phòng thí nghiệm trí tuệ nhân tạo, Học viện Công nghệ Massachusetts
- Donna Shirley, nhà vật lý thiên văn, Phòng thí nghiệm sức đẩy phản lực
- Dan Wertheimer, nhà thiên văn, SETI@home, Đại học California, Berkeley
- Paul Hoffman, nhà báo khoa học, tạp chí *Discover*
- Francis Everitt, nhà vật lý, Tàu thăm dò hấp dẫn B

(*Gravity Probe B*), Đại học Stanford

- Sidney Perkowitz, nhà vật lý, Đại học Emory

Tôi cũng muốn cảm ơn các nhà khoa học sau đây vì những thảo luận thú vị về vật lý trong những năm qua đã giúp đỡ tôi rất nhiều trong việc làm sâu sắc thêm nội dung của cuốn sách này:

- T. D. Lee, người đoạt giải Nobel, Đại học Columbia
- Sheldon Glashow, người đoạt giải Nobel, Đại học Harvard
- Richard Feynman, người đoạt giải Nobel, Học viện Công nghệ California (đã mất)
- Edward Witten, nhà vật lý, Viện Nghiên cứu cao cấp, Đại học Princeton
- Joseph Lykken, nhà vật lý, Phòng thí nghiệm Fermi
- David Gross, nhà vật lý, Viện Kavli, Santa Barbara
- Frank Wilczek, nhà vật lý, Đại học California, Santa Barbara
- Paul Townsend, nhà vật lý, Đại học Cambridge
- Peter Van Nieuwenhuizen, nhà vật lý, Đại học bang New York, Stony Brook
- Miguel Virasoro, nhà vật lý, Đại học Rome
- Bunji Sakita, nhà vật lý, Trường Đại học thành phố New York (đã mất)
- Ashok Das, nhà vật lý, Đại học Rochester
- Robert Marshak, nhà vật lý, Trường Đại học thành phố New York (đã mất)
- Frank Tipler, nhà vật lý, Đại học Tulane
- Edward Tryon, nhà vật lý, Trường Đại học Hunter College
- Mitchell Begelman, nhà thiên văn, Đại học Colorado

Tôi muốn bày tỏ lòng cảm ơn tới Ken Croswell về vô số các bình luận đối với cuốn sách này.

Tôi cũng muốn cảm ơn biên tập viên của tôi, Roger Scholl, người đã biên tập xuất sắc hai cuốn sách của tôi. Sự sắc sảo của ông đã nâng tầm hai cuốn sách này rất nhiều, và những góp ý của ông đã luôn luôn giúp cho nội dung và cách thức trình bày các cuốn sách của tôi thêm sáng tỏ và sâu sắc. Cuối cùng, tôi cũng muốn cảm ơn đại diện của tôi, Stuart Krichevsky, người đã luôn đồng hành với những cuốn sách của tôi trong suốt những tháng năm này.

LỜI NÓI ĐẦU

Vũ trụ học nghiên cứu vũ trụ như một khối tổng thể, bao gồm sự ra đời của nó và có lẽ cả số phận cuối cùng của nó. Không có gì đáng ngạc nhiên là nó đã trải qua nhiều biến đổi trong sự phát triển chậm chạp và gian truân của mình, một sự phát triển thường bị giáo điều và mê tín dị đoan che phủ.

Cuộc cách mạng đầu tiên trong vũ trụ học gắn liền với sự phát minh ra kính viễn vọng vào thế kỷ 17. Với sự trợ giúp của kính viễn vọng, Galileo Galilei, tiếp bước các nhà thiên văn lớn như Nicolaus Copernicus và Johannes Kepler, lần đầu tiên đã mở cánh cửa trời cao cho những khám phá khoa học nghiêm túc. Đỉnh cao thành tựu trong giai đoạn đầu tiên này của vũ trụ học là công trình của Isaac Newton, với các định luật cơ bản chi phối sự chuyển động của các thiên thể. Giờ đây các quy luật của các thiên thể không còn được gán cho các thế lực tà thuật và thần bí, mà tuân theo các lực có thể tính toán được và có thể tái lập được.

Cuộc cách mạng thứ hai trong vũ trụ học đã được khởi đầu bằng việc phát minh và xây dựng các kính viễn vọng đồ sộ trong thế kỷ 20, chẳng hạn như kính viễn vọng trên núi Wilson có một chiếc gương phản chiếu rất lớn với đường kính 2,5 m. Trong thập niên 1920, nhà thiên văn Edwin Hubble đã sử dụng kính viễn vọng khổng lồ này để lật đổ hàng thế kỷ giáo điều từng tuyên bố rằng vũ trụ là tĩnh tại và vĩnh cửu, bằng cách chứng minh rằng các thiên hà trên bầu trời đang rời xa Trái Đất với vận tốc khủng khiếp - điều đó có nghĩa là vũ trụ đang dãn nở. Điều này đã xác nhận các kết quả của thuyết tương đối rộng của Einstein, trong đó cấu trúc của không-thời gian, tưởng như là phẳng và tuyến tính, lại là động và cong. Điều này đã đưa ra giải thích hợp lý đầu tiên về nguồn gốc của vũ trụ, rằng vũ trụ đã khởi đầu bằng một vụ nổ cực kỳ mãnh liệt được gọi là "vụ nổ lớn" (*big bang*), đã làm bắn các ngôi sao và thiên hà ra phía ngoài trong không gian. Với công trình tiên phong của George Gamow và các cộng sự của ông về thuyết vụ nổ lớn và Fred Hoyle về nguồn gốc của các nguyên tố, những bộ khung nền tảng phác thảo nên sự tiến hóa của vũ trụ đã được xây dựng.

Cuộc cách mạng thứ ba đang diễn ra hiện nay (2004 - năm xuất bản cuốn sách *Các thế giới song song*). Nó chỉ mới khoảng năm năm tuổi. Nó đã được mở ra bằng một bộ các công cụ mới với công nghệ cao, như vệ tinh không gian, thiết bị laser, thiết bị dò sóng hấp dẫn, kính viễn vọng tia X và siêu máy tính tốc độ cao. Bây giờ chúng ta còn có các dữ liệu có căn cứ nhất về bản chất của vũ trụ, bao gồm cả tuổi của nó, thành phần của nó, và có lẽ thậm chí cả tương lai và kết cục của nó.

Các nhà thiên văn hiện nay cho rằng vũ trụ đang dãn nở theo phương thức tản ra xa, đang tăng tốc vô hạn định và đang trở nên ngày càng lạnh lẽo hơn theo thời gian. Nếu điều này tiếp tục, chúng ta phải đối mặt với một viễn cảnh của một "vụ đóng băng lớn", khi ấy vũ trụ rơi vào tăm tối và giá lạnh, và toàn bộ sự sống có trí tuệ sẽ biến mất.

Cuốn sách này viết về cuộc cách mạng lớn thứ ba này. Nó khác với hai cuốn sách trước đó của tôi về vật lý, *Beyond Einstein* (Vượt lên trên Einstein) và *Hyperspace* (Siêu không gian), đã giúp giới thiệu với công chúng những khái niệm mới về các chiều bậc cao và thuyết siêu dây. Trong *Các thế giới song song,* thay vì tập trung vào không-thời gian, tôi tập trung vào các phát triển mang tính cách mạng trong vũ trụ học đang diễn ra trong vài năm gần đây, dựa trên bằng chứng mới từ các phòng thí nghiệm trên thế giới và các phạm vi không gian xa nhất vươn tới được, cùng với những đột phá mới trong vật lý lý thuyết. Ý định của tôi là độc giả có thể đọc và nắm bắt nó mà không cần bất kỳ sự làm quen trước đó nào với vật lý hay vũ trụ học.

Trong phần một của cuốn sách, tôi tập trung vào việc nghiên cứu vũ trụ, tổng kết các tiến bộ đã thực hiện trong giai đoạn đầu của vũ trụ học, mà đỉnh cao là một thuyết được gọi là "vũ trụ lạm phát", là thuyết tới nay cung cấp cho chúng ta hiểu biết rõ ràng và tiên tiến nhất của thuyết vụ nổ lớn. Trong phần hai, tôi đặc biệt tập trung vào thuyết đa vũ trụ đang nổi lên, theo đó một thế giới được tạo thành từ nhiều vũ trụ, trong đó vũ trụ của chúng ta chỉ là một trong số đó, và thảo luận về khả năng có những lỗ giun, các độ cong của không gian và thời gian, và các chiều bậc cao có thể kết nối chúng như thế nào. Thuyết siêu dây và thuyết M đã cho chúng ta những bước tiến quan trọng đầu tiên vượt xa thuyết ban đầu của Einstein; chúng đưa ra bằng chứng thêm nữa rằng vũ trụ của chúng ta có thể chỉ là một trong số rất nhiều vũ trụ. Cuối cùng, trong phần ba, tôi thảo luận về vụ đóng băng lớn và điều mà hiện nay các nhà khoa học coi như là sự kết thúc của vũ trụ của chúng ta. Tôi cũng đưa ra một thảo luận nghiêm túc, mặc dù chỉ có tính chất suy đoán, về việc một nền văn minh tiên tiến trong tương lai xa xăm có thể sử dụng các định luật vật lý để rời bỏ vũ trụ của chúng ta sau hàng nghìn tỉ năm nữa và tiến vào một vũ trụ khác, hiếu khách hơn để bắt đầu quá trình tái sinh, hoặc để đi ngược trở lại thời gian khi vũ trụ từng ấm áp hơn như thế nào.

Với sự tràn ngập các dữ liệu mới mà chúng ta đang thu nhận ngày nay, với các công cụ mới như các vệ tinh không gian có thể quét qua bầu trời, các thiết bị dò sóng hấp dẫn mới và với các cỗ máy đập vỡ nguyên tử mới có kích thước cỡ một thành phố sắp sửa hoàn thành, các nhà vật lý cảm thấy rằng chúng ta đang tiến vào giai đoạn có thể coi là thời kỳ hoàng kim của vũ trụ học. Nói tóm lại, đó là thời gian tuyệt vời để vừa là một nhà vật lý vừa là một nhà du hành trong cuộc truy tìm này để hiểu rõ nguồn gốc của chúng ta và số phận của vũ trụ.

PHẦN MỘT

VŨ TRỤ

CHƯƠNG MỘT

NHỮNG BỨC ẢNH SƠ SINH CỦA VŨ TRỤ

> Nhà thơ chỉ cầu mong để đầu óc của mình bay bổng lên thiên đường. Nhà logic học lại tìm cách đem cả bầu trời vào trong đầu anh ta. Thế là đầu anh ta nhức như búa bổ.
>
> \- G. K. Chesterson

Khi còn là một đứa trẻ, tôi đã tự xung đột với những niềm tin của chính mình. Cha mẹ tôi được nuôi dưỡng theo truyền thống Phật giáo. Nhưng tôi lại tới trường đạo Chúa nhật vào mỗi tuần, nơi tôi thích được nghe những câu chuyện *Kinh Thánh* về những con cá voi(1), cái nôi cói của Moses, hộp đựng pháp điển, chiếc thuyền Noah(2), các cột muối(3), những rẻ xương sườn và những quả táo(4). Tôi đã từng bị cuốn hút bởi những dụ ngôn này của kinh *Cựu Ước*, chúng từng là phần ưa thích của tôi tại trường đạo Chúa nhật. Dường như đối với tôi thì các dụ ngôn về các trận đại hồng thủy(5), về các bụi gai cháy(6) và chuyện

---

1. Nhà tiên tri Jonah (Giô-na) được Thiên Chúa sai đến Niniveh để thông báo về việc tiêu hủy thành phố này và trên đường đi bị một con cá voi nuốt, theo sách *Jonah*. (*Các chú thích đánh số ở ngay mỗi trang sách là của bản tiếng Việt, còn chú thích của tác giả được đánh dấu hoa thị * và tập trung ở cuối sách.*)

2. Nguyên tác chỉ dùng một chữ arks (dạng số nhiều) là từ đa nghĩa. Nó có thể là cái nôi cói của Moses (Mô-sê) được nhắc tới trong sách *Xuất hành*, chương 2, có thể là hộp đựng pháp điển (sách *Xuất hành*, sách *Joshua* (Giô-suê), sách *Dân số*, sách *Samuel* v.v.), lại cũng có thể là chiếc thuyền của Noah (Nô-ê), được nói đến ở sách *Sáng thế*, chương 6-9.

3. Sách *Sáng thế*, chương 19, đoạn 26 viết về việc vợ Lot hóa thành cột muối khi không tuân lệnh các thiên sứ đã quay lại nhìn thành phố Sodom bị thiêu hủy.

4. Theo sách *Sáng thế*, chương 2-3, Adam và Eva ăn trái táo cấm trong vườn Địa Đàng (Eden) nên bị đày xuống trần gian.

5. Truyền thuyết về đại hồng thủy có trong nhiều tôn giáo, tín ngưỡng. Trong *Kinh Thánh*, nó gắn liền với câu chuyện về chiếc thuyền Noah chở gia đình Noah và một số loài vật thoát trận đại hồng thủy.

6. Sách *Xuất hành*, chương 3 về việc Moses gặp Thiên Chúa.

nước rẽ ra[1] có nhiều điều thú vị hơn so với việc tụng kinh và thiền định của Phật giáo. Quả thật, những câu chuyện cổ xưa về chủ nghĩa anh hùng và bi kịch này minh họa sinh động cho những bài học đạo đức và luân lý đã luôn ở bên tôi trong suốt cuộc đời.

Một ngày ở trường đạo Chúa nhật, chúng tôi đã nghiên cứu sách *Sáng thế*. Đọc về việc Chúa Trời phán truyền như sấm từ trên thiên đường "Phải có ánh sáng!" nghe ấn tượng hơn nhiều so với việc yên lặng thiền định về Niết bàn. Vì hiếu kỳ ngây thơ, tôi đã hỏi cô giáo của mình rằng "Thế Chúa có mẹ không ạ?" Thường thì cô có câu trả lời nhanh chóng cũng như đưa ra một bài học sâu sắc về đạo đức. Nhưng lần này cô đã sửng sốt. Không, cô đã trả lời một cách lưỡng lự, Chúa chắc là không có mẹ. "Nhưng như thế thì Chúa ở đâu ra?" tôi hỏi. Cô ậm ừ rằng cô sẽ phải tham khảo ý kiến của vị mục sư về câu hỏi đó.

Tôi đã không nhận ra rằng mình đã vô tình bập phải một trong những câu hỏi lớn của thần học. Tôi đã bối rối không hiểu vì trong Phật giáo chẳng hề có Chúa Trời, mà có một vũ trụ vô tận về thời gian, không có khởi đầu mà cũng chẳng có kết thúc. Sau này, khi tôi bắt đầu nghiên cứu các thần thoại lớn trên thế giới, tôi đã biết rằng có hai loại vũ trụ luận trong tôn giáo, loại thứ nhất dựa trên một thời điểm duy nhất khi Chúa tạo ra vũ trụ, loại thứ hai dựa trên ý tưởng cho rằng vũ trụ đã luôn luôn tồn tại và sẽ luôn luôn như vậy.

Không thể có chuyện cả hai ý tưởng đều đúng, tôi đã nghĩ như vậy.

Sau đó, tôi bắt đầu thấy rằng những chủ đề phổ biến này giao nhau trong nhiều nền văn hóa khác. Chẳng hạn, trong thần thoại Trung Hoa, thuở khai thiên lập địa chỉ có một quả trứng vũ trụ. Vị thần hài nhi Bàn Cổ cư trú gần như vĩnh viễn bên trong quả trứng này, khi nó trôi nổi trên biển Hỗn mang vô hình. Rốt cuộc khi trứng nở ra, Bàn Cổ đã lớn rất nhanh, cao thêm mỗi ngày một trượng, vì thế nửa trên của vỏ quả trứng trở thành trời và nửa dưới trở thành đất. Sau 18.000 năm, thần qua đời để sinh ra thế giới của chúng ta: máu của thần đã trở thành những con sông, đôi mắt của thần là mặt trời và mặt trăng, còn giọng nói của thần đã trở thành sấm sét.

---

[1] Trong *Kinh Thánh* có năm lần nước rẽ ra thành đất khô cạn. Nổi bật nhất là lần Moses dẫn người Israel chạy khỏi Ai Cập qua Biển Đỏ, được Thiên Chúa giúp đỡ.

Theo nhiều cách, thần thoại Bàn Cổ phản ánh một chủ đề được tìm thấy trong nhiều tôn giáo và thần thoại cổ xưa khác, rằng vũ trụ đã bắt đầu tồn tại từ trạng thái *creatio ex nihilo* (Sáng thế từ hư không). Trong thần thoại Hy Lạp, vũ trụ đã bắt đầu từ trạng thái hỗn độn (trên thực tế, từ "chaos" có nguồn gốc từ một từ trong tiếng Hy Lạp có nghĩa là "địa ngục"). Khoảng không trống rỗng vô hình này thường được miêu tả như là một đại dương, như trong thần thoại Babylon và Nhật Bản. Chủ đề này cũng được tìm thấy trong thần thoại Ai Cập cổ đại, nơi mà thần mặt trời Ra xuất hiện từ một quả trứng trôi nổi. Trong thần thoại Polynesia, quả trứng vũ trụ được thay thế bằng vỏ quả dừa. Người Maya tin vào một biến thể khác của câu chuyện này, trong đó vũ trụ được sinh ra rồi chết đi sau 5.000 năm, chỉ cốt để tái sinh nhiều lần, lặp lại chu kỳ sinh diệt bất tận này.

Các thần thoại *creatio ex nihilo* này đại diện cho sự tương phản rõ nét với vũ trụ học theo Phật giáo và các dạng thức nhất định của Ấn giáo (đạo Hindu). Trong thần thoại của các tôn giáo này, vũ trụ là vô thủy vô chung, không có khởi đầu mà cũng chẳng có kết thúc. Có nhiều cấp độ tồn tại, nhưng cao nhất là Niết bàn, một trạng thái vĩnh cửu và chỉ có thể đạt được bằng thiền định thanh khiết nhất. Trong *Mahapurana* (Đại Vãng thế thư) của người theo Ấn giáo, người ta viết rằng "Nếu Đấng Tạo hóa đã sáng tạo ra thế giới thì Ngài đã ở đâu trước Sáng thế?... Chỉ biết rằng thế giới này tự bản thân mà có, cũng như chính bản thân thời gian, không có khởi đầu mà cũng chẳng có kết thúc".

Các thần thoại này thể hiện sự mâu thuẫn rõ nét đối với nhau, mà rõ ràng không có giải pháp dung hòa giữa chúng. Chúng có tính loại trừ lẫn nhau: hoặc là vũ trụ đã có một khởi đầu hoặc là không có. Rõ ràng là không tồn tại quan điểm trung dung.

Tuy nhiên, ngày nay một giải pháp dường như đang hiện lên từ một hướng hoàn toàn mới - thế giới khoa học - kết quả của một thế hệ mới các công cụ khoa học hùng mạnh vươn xa vào không gian. Nếu như thần thoại cổ đại dựa vào sự uyên thâm của những người kể chuyện để giải thích nguồn gốc thế giới của chúng ta, thì ngày nay, các nhà khoa học đang dựa vào hệ thống công cụ gồm các vệ tinh không gian, laser, các thiết bị dò sóng hấp dẫn, các thiết bị đo giao thoa, các siêu máy tính tốc độ cao và Internet, trong quá trình cách mạng hóa sự hiểu biết của chúng ta về vũ trụ, đem lại cho chúng ta miêu tả hấp dẫn nhất về sự sáng tạo ra nó.

Điều đang dần dần hiện lên từ các dữ liệu này là sự tổng hợp lớn hai thần thoại đối lập. Có lẽ, như các nhà khoa học suy đoán, Sáng thế đã xảy ra nhiều lần trong đại dương vô thủy vô chung của Niết bàn. Trong bức tranh mới này, vũ trụ của chúng ta có thể được so sánh với một bong bóng nước đang trôi nổi trong một "đại dương" lớn hơn nhiều, với các bong bóng nước mới được hình thành liên tục. Theo học thuyết này, các vũ trụ, giống như các bọt nước hình thành trong nồi nước sôi, nằm trong chuỗi Sáng thế liên tục, đang trôi nổi trong một vũ đài lớn hơn nhiều, đó là Niết bàn của siêu không gian mười một chiều. Ngày càng có nhiều các nhà vật lý đề xuất rằng vũ trụ của chúng ta quả thật đã nảy sinh từ một đại biến cố dữ dội là vụ nổ lớn, nhưng nó cũng cùng tồn tại trong đại dương vĩnh hằng của các vũ trụ khác. Nếu chúng ta đúng, các vụ nổ lớn đang diễn ra ngay cả khi bạn đang đọc câu này.

Các nhà vật lý và thiên văn học trên khắp thế giới hiện nay đang suy đoán về việc các thế giới song song này có thể giống như cái gì, những quy luật nào chúng có thể tuân theo, chúng được sinh ra như thế nào và cuối cùng chúng có thể chết đi như thế nào. Có lẽ các thế giới song song này cằn cỗi, không có các thành phần cơ bản của sự sống. Hoặc có lẽ chúng trông cũng giống như vũ trụ của chúng ta, bị chia tách bằng một sự kiện lượng tử duy nhất đã làm cho các vũ trụ này xa rời khỏi vũ trụ của chúng ta. Và một vài nhà vật lý đang suy đoán rằng có lẽ sẽ có một ngày, nếu sự sống không thể trụ được trong vũ trụ hiện nay của chúng ta khi nó già đi và trở nên lạnh lẽo, thì chúng ta có thể buộc phải rời khỏi nó và đào thoát vào một vũ trụ khác.

Cơ chế dẫn dắt các học thuyết mới này là một lượng dữ liệu khổng lồ đang đổ về như thác từ các vệ tinh không gian của chúng ta khi chúng chụp ảnh các tàn tích của chính sự Sáng thế. Đáng chú ý là hiện nay các nhà khoa học đang tập trung chú ý vào những gì đã xảy ra chỉ 380.000 năm sau vụ nổ lớn, khi "ánh tàn dư" của Sáng thế bắt đầu lan tỏa khắp vũ trụ. Có lẽ bức tranh hấp dẫn nhất của bức xạ này từ Sáng thế đang đến từ một công cụ mới, được gọi là vệ tinh WMAP.

VỆ TINH WMAP

"Không thể tin được!" "Một mốc lịch sử!" nằm trong số những từ ngữ được các nhà vật lý thiên văn, thông thường vốn dè dặt, thốt lên trong tháng 2 năm 2003 khi họ miêu tả các dữ liệu quý giá thu được từ vệ tinh mới nhất của họ. WMAP (viết tắt trong tiếng Anh của Wilkinson microwave anisotropy probe, nghĩa là "tàu thăm dò dị hướng vi sóng Wilkinson"), đặt theo tên của nhà vũ trụ học tiên phong David Wilkinson và được phóng lên vào năm 2001, đã cung cấp cho các nhà khoa học, với độ chính xác chưa từng thấy, hình ảnh chi tiết của vũ trụ ban đầu khi nó chỉ mới 380.000 năm tuổi. Một nguồn năng lượng khổng lồ còn lại từ quả cầu lửa ban đầu, từng sinh ra các ngôi sao và các thiên hà, đã được luân chuyển trong khắp vũ trụ của chúng ta trong hàng tỉ năm. Ngày nay, nó đã bị vệ tinh WMAP chụp vào phim với chi tiết tinh tế, hình thành một bản đồ chưa bao giờ từng thấy trước đó, một bức ảnh của bầu trời với chi tiết ngoạn mục cho thấy bức xạ vi sóng được chính vụ nổ lớn tạo ra, điều từng được tạp chí *Time* gọi là "tiếng vọng của Sáng thế". Sẽ không bao giờ các nhà thiên văn lại được ngắm nhìn bầu trời theo cùng một cách thế này một lần nữa.

Các phát hiện của vệ tinh WMAP biểu tượng cho "một nghi lễ vượt qua[1] đối với vũ trụ học, từ suy đoán chuyển thành khoa học chính xác"*, John Bahcall từ Viện Nghiên cứu cao cấp tại Princeton tuyên bố. Lần đầu tiên, các dữ liệu đồ sộ về giai đoạn đầu trong lịch sử của vũ trụ đã cho phép các nhà vũ trụ học trả lời chính xác những câu hỏi cổ xưa nhất trong số mọi câu hỏi, những câu hỏi đã từng làm nhân loại băn khoăn và thắc mắc kể từ lần đầu chúng ta ngắm nhìn vẻ đẹp thiên cảnh rõ ràng của bầu trời đêm. Vũ trụ bao nhiêu tuổi? Nó hợp thành từ cái gì? Số phận của vũ trụ như thế nào?

---

[1] Ngụ ý ví với nghi lễ Vượt qua của người Do Thái (từ Ai Cập, đất nô lệ, vượt Biển Đỏ, sang sa mạc, đi tới Đất Hứa) trong đạo Do Thái và đạo Kitô.

(Năm 1992, một vệ tinh trước đó là COBE [viết tắt trong tiếng Anh của Cosmic Background Explorer satellite, nghĩa là "vệ tinh thăm dò nền vũ trụ"] đã cho chúng ta những hình ảnh mờ nhạt đầu tiên của bức xạ nền này đang lan tỏa khắp bầu trời⁽¹⁾. Mặc dù kết quả này là mang tính đột phá, nhưng nó cũng đáng thất vọng bởi vì nó đã cho ra một hình ảnh không rõ nét của vũ trụ ban đầu. Thế nhưng điều này đã không ngăn cản được báo chí hào hứng phong cho bức ảnh này tên gọi "bộ mặt của Chúa". Nhưng một miêu tả chính xác hơn về các hình ảnh mờ nhạt từ COBE sẽ là chúng thể hiện một "bức ảnh sơ sinh" của vũ trụ hồng hoang. Nếu vũ trụ ngày nay là một ông lão tám mươi tuổi, thì các bức ảnh của COBE, và sau đó là của WMAP, đã chỉ ra hình ảnh ông ta lúc sơ sinh, chỉ chưa đầy một ngày tuổi.)

Lý do mà vệ tinh WMAP có thể cho chúng ta những hình ảnh chưa từng có của vũ trụ sơ sinh là ở chỗ bầu trời đêm cũng giống như một cỗ máy thời gian. Vì ánh sáng truyền đi với một tốc độ hữu hạn, nên các ngôi sao mà chúng ta nhìn thấy vào ban đêm là hình ảnh của chúng trước kia, chứ không phải bây giờ. Phải mất trên một giây để ánh sáng đi từ Mặt Trăng tới Trái Đất, do đó, khi chúng ta chiêm ngưỡng Mặt Trăng, chúng ta thực sự thấy nó trước đó một giây. Phải mất khoảng tám phút để ánh sáng đi từ Mặt Trời đến Trái Đất. Tương tự như vậy, nhiều ngôi sao quen thuộc, mà chúng ta nhìn thấy trên bầu trời xa xôi tới

---

1. Bức xạ nền vũ trụ (bức xạ tàn dư) phát ra khi vũ trụ được 380.000 năm tuổi và bắt đầu trở nên trong suốt do ánh sáng không còn bị "cầm tù" nữa. Nó sinh ra dưới dạng tia tử ngoại nhưng trong quá trình vũ trụ dãn nở, nó bị biến đổi dần để ngày nay là vi sóng.

mức phải mất từ 10 tới 100 năm để ánh sáng của chúng truyền tới mắt chúng ta. (Nói cách khác, chúng nằm cách Trái Đất từ 10 tới 100 năm ánh sáng. Một năm ánh sáng là khoảng 6.000 tỉ dặm Anh(1), hoặc khoảng cách mà ánh sáng di chuyển trong một năm). Ánh sáng từ các thiên hà xa xăm có thể cách xa ta hàng trăm triệu tới hàng tỉ năm ánh sáng. Kết quả là chúng thể hiện một thứ ánh sáng "hóa thạch", mà một số được phát ra thậm chí còn trước cả thời những con khủng long tung hoành. Một số thiên thể xa nhất mà chúng ta thấy được qua kính viễn vọng của mình được gọi là các chuẩn tinh (quasar), những cỗ máy thiên hà khổng lồ phát sinh một lượng năng lượng không thể tin được ở gần rìa của vũ trụ nhìn thấy được, có thể nằm cách Trái Đất từ 12 tới 13 tỉ năm ánh sáng. Và bây giờ, vệ tinh WMAP đã phát hiện được bức xạ khởi phát ra thậm chí còn trước cả khi đó, từ quả cầu lửa ban đầu đã tạo ra vũ trụ.

Để miêu tả vũ trụ, các nhà vũ trụ học đôi khi sử dụng ví dụ về việc nhìn xuống từ trên đỉnh của tòa nhà Empire State(2), cao chót vót trên 100 tầng tại khu Manhattan. Khi nhìn từ trên đỉnh tòa nhà xuống, bạn khó nhìn thấy mặt đường phố. Nếu chân đế của tòa nhà Empire State tượng trưng cho vụ nổ lớn, và nếu nhìn từ trên đỉnh xuống, thì các thiên hà xa xăm sẽ nằm trên tầng mười. Các chuẩn tinh xa xăm được các nhìn thấy qua kính viễn vọng trên Trái Đất sẽ nằm trên tầng bảy. Nền vũ trụ được đo bằng vệ tinh WMAP đã cho chúng ta phép đo lường chính xác tuổi của vũ trụ với độ chính xác đáng kinh ngạc, sai lệch chỉ 1%: 13,7 tỉ năm.

Sứ mệnh của WMAP là đỉnh cao của trên một thập kỷ làm việc cật lực của các nhà vật lý thiên văn. Khái niệm về vệ tinh WMAP được đề xuất lần đầu với NASA vào năm 1995 và đã được chấp thuận hai năm sau đó. Vào ngày 30 tháng 6 năm 2001, NASA đã phóng vệ tinh WMAP trên tên lửa Delta II vào một quỹ đạo quanh Mặt Trời nằm giữa Trái Đất và Mặt Trời.

---

1. Tức 9.500 tỉ kilômét.

2. Tòa nhà "Bang Đế quốc" (theo tên hiệu của bang New York), cao 381 m, nhiều năm từng là tòa nhà cao nhất thế giới.

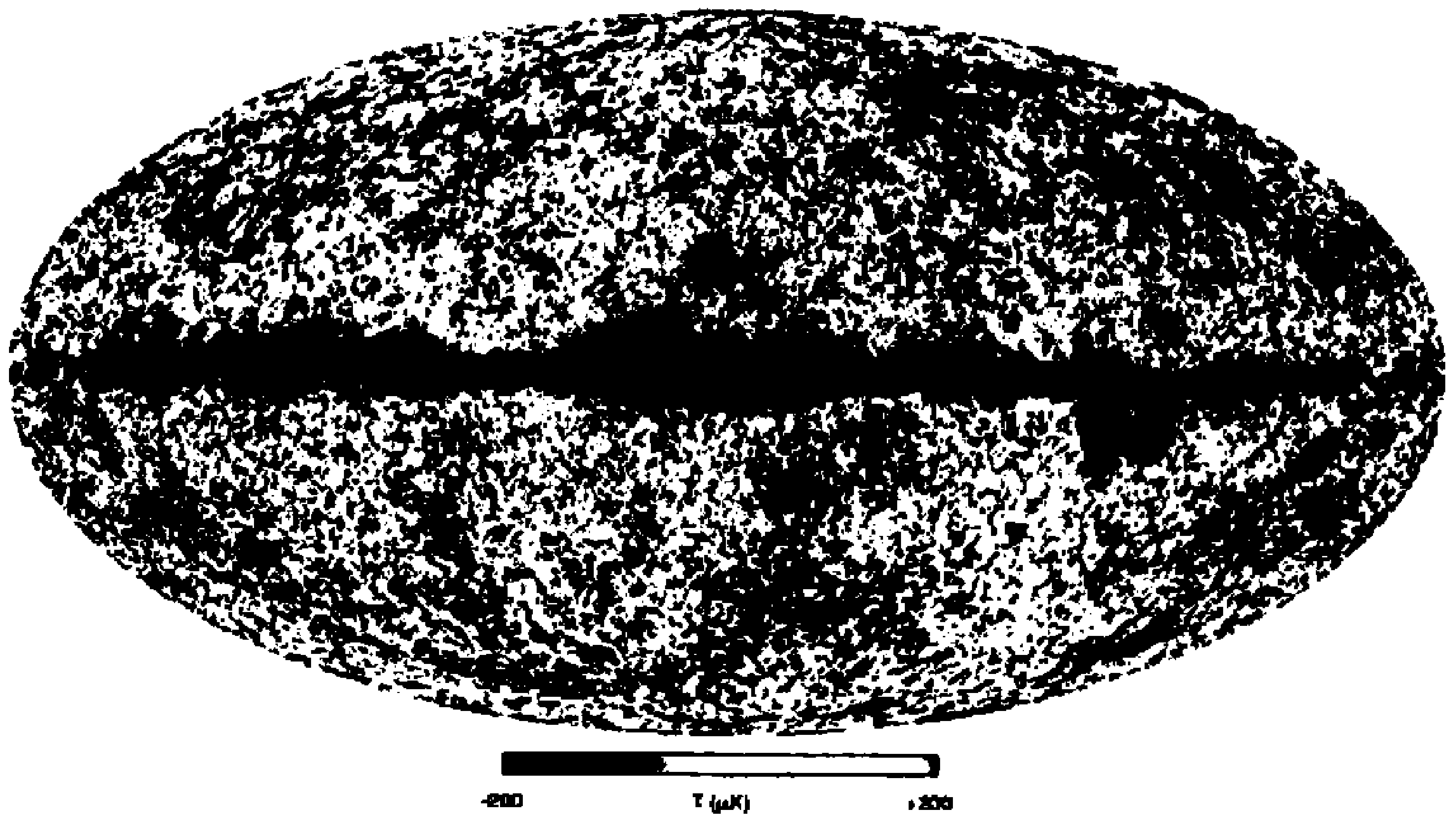
Điểm đến được chọn lựa cẩn thận là điểm Lagrange 2 (tức L2, một điểm đặc biệt có sự ổn định tương đối gần Trái Đất)(1). Từ điểm thuận lợi này, vệ tinh luôn luôn được tránh hướng về phía Mặt Trời, Trái Đất và Mặt Trăng, do đó có một tầm quan sát vũ trụ không bị trở ngại. Cứ sáu tháng một lần nó lại quét được đầy đủ toàn bộ bầu trời.

Nó có một hệ thống thiết bị đo đạc tối tân. Với các cảm biến mạnh, nó có thể phát hiện bức xạ vi sóng yếu ớt còn sót lại từ vụ nổ lớn tràn ngập vũ trụ, hầu như vẫn bị bầu khí quyển của chúng ta hấp thụ. Vệ tinh composit nhôm này có kích thước 3,8 mét nhân 5 m và nặng 840 kg. Nó có hai kính viễn vọng giáp lưng, thu bức xạ vi sóng từ bầu trời xung quanh, và cuối cùng truyền dữ liệu về Trái Đất bằng sóng vô tuyến. Nó được nuôi bằng nguồn 419 oát điện (công suất của năm bóng đèn thông thường). Cách Trái Đất khoảng 1,5 triệu kilômét, vệ tinh WMAP cũng nằm ngoài các nhiễu loạn của khí quyển Trái Đất là những thứ có thể át nền vi sóng yếu ớt, và nó có thể nhận được các số đo liên tục của toàn bộ bầu trời.

Vệ tinh này hoàn thành việc quan sát toàn bộ bầu trời lần đầu tiên trong tháng 4 năm 2002. Sáu tháng sau, việc quan sát toàn bộ bầu trời lần thứ hai đã được thực hiện. Hiện nay, vệ tinh WMAP đã cho chúng ta bản đồ chi tiết và toàn diện nhất từ trước tới nay về bức xạ này. Sự tồn tại của bức xạ nền vi sóng do WMAP ghi lại đã được George Gamow và nhóm của ông tiên đoán lần đầu tiên vào năm 1948. Ông cũng là người đã lưu ý rằng bức xạ này có một nhiệt độ gắn liền với nó. WMAP đã đo nhiệt độ này và cho thấy nó chỉ cao hơn độ không tuyệt đối một chút, tức là từ 2,7249 tới 2,7251 độ Kelvin.

---

1. Do sơ suất nên tác giả đã viết nhầm rằng điểm L2 (trong tổng số 5 điểm Lagrange) nằm giữa Trái Đất và Mặt Trời. Thực ra điểm L1 mới nằm giữa Trái Đất và Mặt Trời, còn điểm L2 nằm xa Mặt Trời hơn so với Trái Đất.



Đây là "bức ảnh sơ sinh" của vũ trụ, khi nó mới chỉ 380.000 năm tuổi, do vệ tinh WMAP chụp. Mỗi chấm hầu như tương ứng với một thăng giáng lượng tử nhỏ nhoi trong ánh tàn dư muộn của Sáng thế đã dãn nở để tạo ra các thiên hà và các quần thiên hà mà chúng ta thấy ngày nay.

Đối với người "ngoại đạo", bản đồ bầu trời của WMAP trông chẳng mấy thú vị; nó chỉ là một bộ sưu tập các chấm ngẫu nhiên. Tuy nhiên, bộ sưu tập các chấm này đã khiến cho một số nhà thiên văn gần như phải rơi nước mắt, vì chúng thể hiện các thăng giáng hay các bất thường trong cuộc đại biến động dữ dội ban đầu của vụ nổ lớn ngay sau khi vũ trụ được tạo ra. Các thăng giáng nhỏ nhoi này giống như các "hạt giống" để từ đó đã dãn nở ra rất nhiều khi bản thân vũ trụ đã nổ tung ra tứ phía. Ngày nay, các hạt giống nhỏ này đã trổ hoa thành các quần thiên hà (đám thiên hà) và các thiên hà chiếu sáng bầu trời mà chúng ta thấy. Nói cách khác, Ngân Hà của chúng ta và tất cả các quần thiên hà chúng ta nhìn thấy xung quanh mình đã từng một thời là một trong các thăng giáng nhỏ này. Bằng cách đo đạc sự phân bố của các thăng giáng này, chúng ta nhìn thấy nguồn gốc của các quần thiên hà, giống như các chấm vẽ trên tấm thảm vũ trụ treo trên bầu trời đêm.

Ngày nay, khối lượng các dữ liệu thiên văn đang vượt các thuyết của các nhà khoa học. Trên thực tế, tôi có thể lập luận rằng chúng ta đang bước vào một thời kỳ hoàng kim của vũ trụ học. (Cho dù vệ tinh WMAP có ấn tượng như thế nào thì rất có thể nó sẽ bị vệ tinh Planck, mà người châu Âu dự tính phóng lên vào năm 2007[1], làm nhỏ bé lại; Planck sẽ cung cấp cho các nhà thiên văn các bức ảnh thậm chí còn chi tiết hơn về bức xạ nền vi sóng). Vũ trụ học ngày nay cuối cùng đã tới tuổi trưởng thành, đang nổi lên từ những cái bóng của khoa học sau khi đã tàn tạ nhiều năm trong một bãi lầy của suy đoán tư biện và phỏng đoán lung tung. Về mặt lịch sử, các nhà vũ trụ học đã phải chịu điều tiếng khá khó chịu. Niềm đam mê mà cùng với nó họ đã đề xuất các học thuyết lớn của vũ trụ lại chỉ kết hợp với sự nghèo nàn đến cùng cực của các dữ liệu của họ. Như Lev Landau, một người đoạt giải Nobel, từng hài hước: "các nhà vũ trụ học thường phạm sai lầm, nhưng không bao giờ bị nghi ngờ". Các khoa học có một châm ngôn cũ: "Đầu tiên là suy đoán, rồi suy đoán nhiều hơn nữa, thế là chúng ta có vũ trụ học".

Cuối thập niên 1960, khi theo học chuyên ngành Vật lý tại Harvard, trong một thời gian ngắn tôi đã thử "nghịch ngợm" với khả năng nghiên cứu vũ trụ học. Từ nhỏ tôi đã luôn có niềm đam mê với nguồn gốc của vũ trụ. Tuy nhiên, chỉ thoáng nhìn vào lĩnh vực này đã cho thấy nó từng sơ khai một cách đáng xấu hổ. Nó đã không hề là một khoa học thực nghiệm, nơi người ta có thể thử nghiệm các giả thuyết với các công cụ chính xác, mà là một tập hợp các học thuyết lỏng lẻo mang tính suy đoán cao. Các nhà vũ trụ học không ngừng tranh luận nảy lửa về việc liệu vũ trụ có được sinh ra trong một vụ nổ vũ trụ hay nó đã luôn luôn tồn tại trong trạng thái tĩnh định. Nhưng với các dữ liệu quá ít ỏi, các lý thuyết nhanh chóng vượt xa các dữ liệu. Trên thực tế, càng ít dữ liệu thì các cuộc tranh luận lại càng dữ dội.

Xuyên suốt lịch sử của vũ trụ học, sự khan hiếm dữ liệu đáng tin cậy cũng đã dẫn tới những mâu thuẫn gay gắt giữa các nhà thiên văn trong nhiều thập niên. (Chẳng hạn, ngay trước khi nhà thiên văn Allan Sandage của Đài quan sát núi Wilson được đề nghị diễn thuyết về tuổi vũ trụ, diễn giả trước đó đã thông báo một cách châm biếm rằng: "Những gì bạn sẽ nghe sau đây là sai bét"*. Và Sandage, khi nghe thấy nhóm đối thủ đã gây ra sự ầm ĩ như thế, chỉ có thể gầm lên: "Đó là một mớ những lời tầm bậy. Đó là chiến tranh - đúng là chiến tranh!"*).

---

[1] Trên thực tế được phóng lên ngày 14 tháng 5 năm 2009.

TUỔI CỦA VŨ TRỤ

Các nhà thiên văn luôn tha thiết muốn biết tuổi của vũ trụ. Trong nhiều thế kỷ, các học giả, tu sĩ và các nhà thần học đã cố gắng ước tính tuổi của vũ trụ, bằng cách sử dụng phương pháp duy nhất mà họ có trong tay: phả hệ của nhân loại kể từ thời ông Adam và bà Eva. Trong thế kỷ vừa qua, các nhà địa chất đã đo các bức xạ tàn dư trong các loại đá để đưa ra ước tính tốt nhất về tuổi Trái Đất. Trong khi đó, vệ tinh WMAP ngày nay đã đo được tiếng vọng của chính vụ nổ lớn để cung cấp cho chúng ta tuổi có căn cứ đích xác nhất của vũ trụ. Các dữ liệu WMAP tiết lộ rằng vũ trụ đã sinh ra trong một vụ nổ dữ dội diễn ra 13,7 tỉ năm trước.

(Trong nhiều năm, một trong những điều làm các nhà vũ trụ học vô cùng bối rối là tuổi của vũ trụ được tính toán lại trẻ hơn so với tuổi của các hành tinh và các ngôi sao, vì dữ liệu sai. Các ước tính trước đây về tuổi của vũ trụ từng thấp tới mức là chỉ từ 1 đến 2 tỉ năm, mâu thuẫn với tuổi Trái Đất [4,5 tỉ năm] và tuổi của những ngôi sao già nhất [12 tỉ năm]. Những mâu thuẫn này hiện nay đã được loại bỏ.)

WMAP đã đem lại một bước ngoặt bất ngờ và kỳ lạ cho cuộc tranh luận về việc vũ trụ được hình thành từ cái gì, một câu hỏi mà những người Hy Lạp đã đặt ra hơn 2.000 năm trước đây. Trong thế kỷ vừa qua, các nhà khoa học tin rằng họ đã biết câu trả lời cho câu hỏi này. Sau hàng nghìn thí nghiệm chi li, các nhà khoa học đã kết luận rằng vũ trụ về cơ bản được hình thành từ khoảng 100 loại nguyên tử khác nhau, sắp xếp trong một bảng tuần hoàn có trật tự, bắt đầu với nguyên tố hyđrô. Điều này thiết lập cơ sở của hóa học hiện đại và trên thực tế đã được giảng dạy trong mọi tiết khoa học tại trường trung học. Hiện nay, WMAP lại đánh đổ niềm tin đó.

Khi xác nhận các thí nghiệm trước, vệ tinh WMAP đã chỉ ra rằng vật chất có thể thấy được mà chúng ta nhìn thấy xung quanh chúng ta (bao gồm núi non, các hành tinh, các vì sao và các thiên hà) chỉ chiếm 4% nhỏ nhoi trong toàn bộ lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ. (Trong số 4% đó, phần lớn tồn tại dưới dạng nguyên tố hyđrô và hêli, và chắc chỉ có 0,03% ở dạng các nguyên tố nặng.) Phần lớn vũ trụ trên thực tế được hợp thành từ thứ vật chất bí ẩn, vô hình, hoàn toàn không rõ nguồn gốc. Các nguyên tố thân thuộc đã tạo nên thế giới của chúng ta chỉ chiếm 0,03% của vũ trụ. Theo nghĩa nào đó, khoa học đang thụt lùi vài thế kỷ, trở lại thời kỳ trước khi xuất hiện giả thuyết nguyên tử, khi mà các nhà vật lý vật lộn với một thực tế rằng vũ trụ bị chi phối bởi các dạng vật chất và năng lượng hoàn toàn mới, chưa được biết đến.

Theo WMAP, 23% vũ trụ được hợp thành từ một loại vật chất kỳ lạ, chưa xác định được, gọi là vật chất tối, có khối lượng, bao quanh các thiên hà thành một quầng khổng lồ, nhưng hoàn toàn vô hình. Vật chất tối phổ biến và phong phú tới mức trong Ngân Hà của chính chúng ta, nó nặng hơn tất cả các ngôi sao tới 10 lần. Mặc dù vô hình, vật chất tối kỳ lạ này có thể được các nhà khoa học quan sát gián tiếp vì nó uốn cong ánh sáng từ các ngôi sao, giống như thủy tinh, do đó có thể được định vị bằng mức độ biến dạng quang học mà nó tạo ra.

Đề cập đến các kết quả kỳ lạ thu được từ vệ tinh WMAP, John Bahcall, một nhà thiên văn từ Princeton, đã nói: "Chúng ta sống trong một vũ trụ đáng ngờ, điên rồ, nhưng là một vũ trụ có các đặc trưng xác định mà chúng ta biết hiện nay"*.

Nhưng có lẽ điều ngạc nhiên lớn nhất từ các dữ liệu WMAP, những dữ liệu đã làm cho cộng đồng khoa học điên đầu, là dữ liệu cho rằng 73% vũ trụ, nghĩa là lượng lớn nhất, được hợp thành từ một dạng năng lượng hoàn toàn không biết rõ và được gọi là năng lượng tối, tức năng lượng vô hình ẩn trong chân không của không gian. Được chính Einstein đưa ra vào năm 1917 và sau đó đã bị loại bỏ (ông gọi nó là "sai lầm lớn nhất" của mình), năng lượng tối, hay năng lượng của hư không hoặc không gian trống rỗng, hiện nay đang xuất hiện trở lại như là một lực đẩy trong toàn thể vũ trụ. Năng lượng tối này hiện được cho là tạo ra một trường phản hấp dẫn mới, đang đẩy các thiên hà ra xa nhau. Số phận cuối cùng của bản thân vũ trụ sẽ được xác định bằng năng lượng tối.

Hiện nay, không một ai có bất kỳ sự hiểu biết nào về việc "năng lượng của hư không" từ đâu tới. "Thành thật mà nói, chúng ta đúng là không hiểu nó. Chúng ta biết các hiệu ứng của nó là gì [nhưng] chúng ta hoàn toàn không có manh mối gì... tất cả mọi người đều không có manh mối gì về nó,"* Craig Hogan, một nhà thiên văn tại Đại học Washington ở Seattle, thừa nhận.

Nếu chúng ta dựa vào học thuyết mới nhất về các hạt hạ nguyên tử để thử tính toán giá trị của năng lượng tối này, thì chúng ta sẽ tìm thấy một con số chênh lệch tới 10^{120} (đó là số 1 theo sau là 120 số 0) lần. Chênh lệch này giữa lý thuyết và thực nghiệm là khoảng chênh lớn nhất từng thấy trong lịch sử khoa học. Đây là một trong những điều gây lúng túng lớn nhất cho chúng ta - lý thuyết tốt nhất của chúng ta cũng không thể tính toán được giá trị của nguồn năng lượng khổng lồ này trong toàn thể vũ trụ. Chắc chắn có cả một giá treo đủ các giải Nobel đang chờ đón những cá nhân có thể làm sáng tỏ điều bí ẩn về vật chất tối và năng lượng tối.

LẠM PHÁT VŨ TRỤ

Các nhà thiên văn vẫn đang cố gắng lội qua thác dữ liệu này từ WMAP. Khi nó quét sạch các khái niệm cũ trước đây về vũ trụ, một bức tranh vũ trụ mới đang hiện lên. "Chúng ta đã đặt nền tảng cho một lý thuyết mạch lạc thống nhất về vũ trụ,"* Charles L. Bennett, người lãnh đạo một nhóm quốc tế đã giúp xây dựng và phân tích vệ tinh WMAP, tuyên bố. Cho tới nay, lý thuyết hàng đầu là "thuyết vũ trụ lạm phát", một cải tiến chất lọc chính của thuyết vụ nổ lớn, được nhà vật lý Alan Guth của MIT (Học viện Công nghệ Massachusetts) đề xuất lần đầu tiên. Trong kịch bản lạm phát này, trong một phần triệu tỉ tỉ (10^{-24}) đầu tiên của giây(1), một lực phản hấp dẫn bí ẩn đã làm cho vũ trụ dãn nở nhanh hơn nhiều so với người ta nghĩ lúc ban đầu. Thời kỳ lạm phát này là một sự bùng nổ không thể tưởng tượng nổi, với vũ trụ dãn nở nhanh hơn nhiều so với tốc độ ánh sáng. (Điều này không vi phạm tuyên bố của Einstein rằng không có gì có thể truyền nhanh hơn ánh sáng, vì nó là một không gian trống rỗng đang dãn nở. Đối với các vật thể vật chất, rào cản ánh sáng không thể nào bị phá vỡ.) Trong vòng một phần rất nhỏ của một giây, vũ trụ đã dãn nở với một hệ số nhân không thể tưởng tượng nổi là 10^{50}.

---

(1). Các tài liệu cho biết lạm phát vũ trụ diễn ra trong khoảng từ thời điểm 10^{-35} đến thời điểm 10^{-32} giây.

Để hình dung sức mạnh của thời kỳ lạm phát này, hãy tưởng tượng một quả bóng đang được nhanh chóng thổi phồng, mà các thiên hà được vẽ trên bề mặt quả bóng. Vũ trụ mà chúng ta nhìn thấy, với tất cả các ngôi sao và các thiên hà đều nằm trên bề mặt quả bóng này, chứ không phải là ở bên trong quả bóng. Bây giờ hãy vẽ một vòng tròn cực nhỏ vào quả bóng này. Vòng tròn nhỏ xíu này tượng trưng cho vũ trụ nhìn thấy được, tức là tất cả mọi thứ chúng ta có thể nhìn thấy qua kính viễn vọng của mình. (Để so sánh, nếu toàn thể vũ trụ thấy được nhỏ bằng một hạt hạ nguyên tử, thì vũ trụ thực sẽ lớn hơn nhiều cái vũ trụ nhìn thấy được xung quanh ta.) Nói cách khác, dãn nở lạm phát mãnh liệt tới mức có hẳn cả những khu vực của vũ trụ vượt ra ngoài vũ trụ nhìn thấy được của chúng ta và chúng sẽ vĩnh viễn nằm ngoài tầm nhìn của chúng ta.

Quá trình dãn nở lạm phát này trên thực tế khủng khiếp tới mức quả bóng này dường như là phẳng ở khu vực lân cận với chúng ta, một thực tế đã được vệ tinh WMAP xác minh về mặt thực nghiệm. Cũng giống như Trái Đất dường như là phẳng đối với chúng ta bởi vì chúng ta là quá nhỏ bé so với bán kính của Trái Đất, vũ trụ dường như là phẳng chỉ vì độ cong của nó có quy mô lớn hơn nhiều.

Bằng cách giả sử rằng vũ trụ ban đầu đã trải qua quá trình lạm phát này, người ta có thể gần như dễ dàng giải thích nhiều câu đố liên quan đến vũ trụ, chẳng hạn như tại sao nó lại có vẻ phẳng và đồng nhất. Bình luận về thuyết lạm phát, nhà vật lý Joel Primark đã nói: "Chưa bao giờ có thuyết nào đẹp như thuyết này mà sai lầm cả"*.

ĐA VŨ TRỤ

Vũ trụ lạm phát, mặc dù phù hợp với các dữ liệu từ vệ tinh WMAP, vẫn chưa trả lời cho câu hỏi: cái gì đã gây ra lạm phát? Cái gì đã gây ra lực phản hấp dẫn làm phình to vũ trụ? Có trên năm mươi đề xuất giải thích cái gì là nguồn gốc của lạm phát và cái gì cuối cùng đã chấm dứt lạm phát, tạo ra vũ trụ chúng ta thấy xung quanh mình. Nhưng không có sự đồng thuận tuyệt đối. Phần lớn các nhà vật lý tập hợp xung quanh ý tưởng cốt lõi về một thời kỳ lạm phát nhanh, nhưng không có đề xuất dứt khoát để trả lời cái gì là động cơ đằng sau lạm phát.

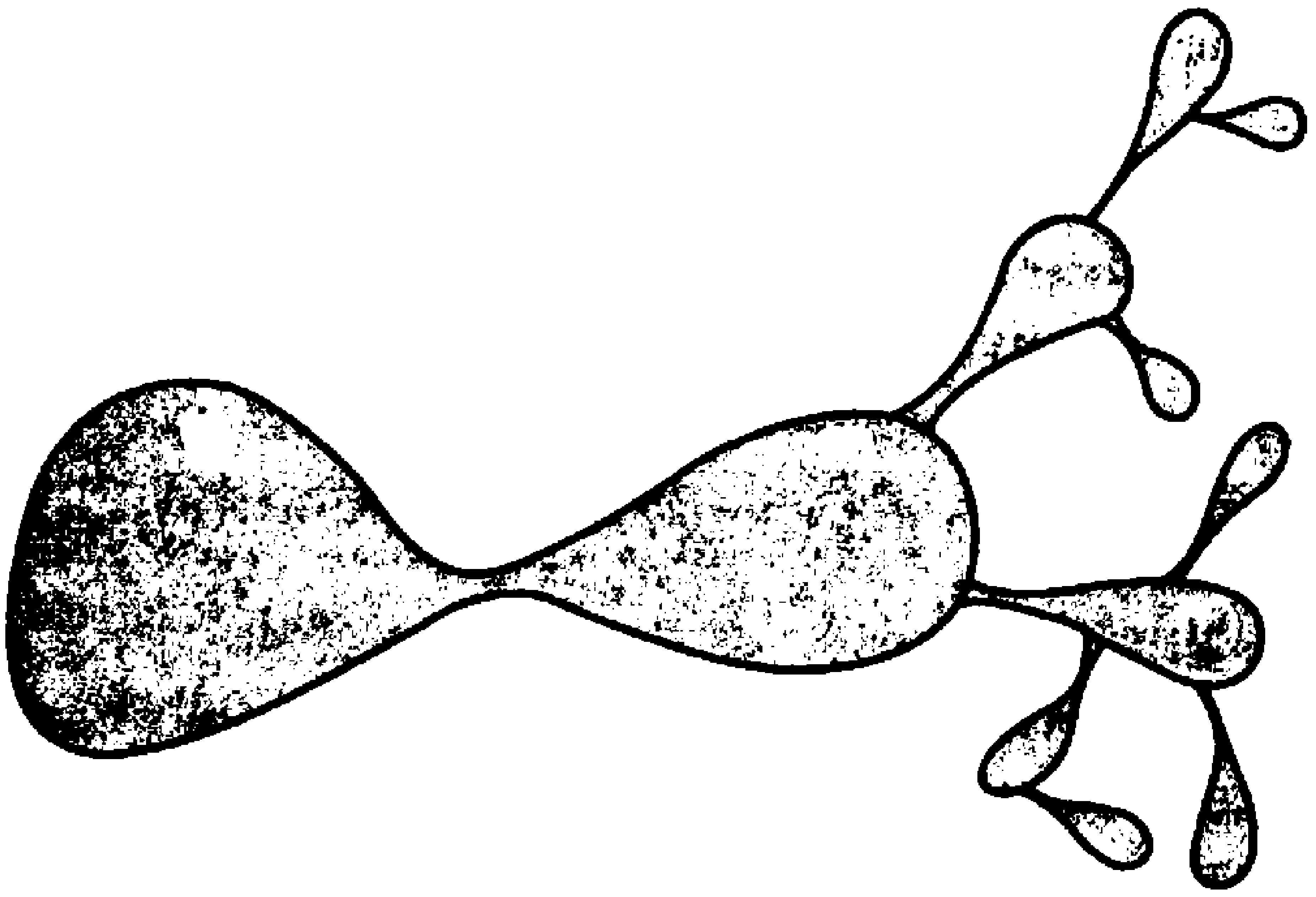
Do không ai biết chính xác lạm phát đã bắt đầu như thế nào, nên luôn luôn có khả năng rằng cơ chế tương tự có thể xảy ra một lần nữa - rằng các vụ nổ lạm phát có thể lặp đi lặp lại. Đây là ý tưởng được nhà vật lý học người Nga Andrei Linde của Đại học Stanford đề xuất - rằng bất kỳ cơ chế nào đã làm cho một phần vũ trụ nở phình đột ngột vẫn còn hoạt động thì có lẽ cũng đang ngẫu nhiên làm cho các vùng xa xăm khác của vũ trụ cũng phình ra.

Theo thuyết này, một mảng nhỏ của vũ trụ có thể nở phình đột ngột và "nảy chồi", sinh ra một vũ trụ "con" hoặc vũ trụ "sơ sinh", tới lượt nó lại nảy chồi ra một vũ trụ sơ sinh khác, và quá trình nảy chồi này tiếp tục mãi mãi. Hãy tưởng tượng việc thổi các bong bóng xà phòng vào trong không khí. Nếu chúng ta thổi đủ mạnh, chúng ta thấy rằng một số bong bóng xà phòng chia đôi và sinh ra các bong bóng xà phòng mới. Theo cùng một cách như vậy, các vũ trụ có thể liên tục sinh ra các vũ trụ mới. Trong kịch bản này, các vụ nổ lớn đã xảy ra liên tục. Nếu điều này là đúng, chúng ta có thể đang sống trong một đại dương của các vũ trụ như vậy, giống như một bọt nước đang trôi nổi trong một đại dương của các bọt nước khác. Trên thực tế, một từ hay hơn từ "vũ trụ" (universe) có thể là "đa vũ trụ" (multiverse) hoặc "siêu vũ trụ" (megaverse).

Linde gọi thuyết này là lạm phát vĩnh cửu, tự tái tạo hay "lạm phát hỗn loạn", do ông đã mường tượng ra một quá trình dãn nở lạm phát liên tục và bất tận của các vũ trụ song song.

"Lạm phát áp đặt khá mạnh ý tưởng về đa vũ trụ lên chúng ta."* Alan Guth, người đầu tiên đề xuất thuyết lạm phát, tuyên bố.

Thuyết này cũng có nghĩa là tại một thời điểm nào đó, vũ trụ của chúng ta có thể nảy chồi ra một vũ trụ con của chính nó. Có lẽ vũ trụ của chính chúng ta có thể đã khởi đầu bằng cách nảy chồi ra từ một vũ trụ cổ hơn có trước đó.



Bằng chứng lý thuyết đang tăng lên để củng cố cho sự tồn tại của đa vũ trụ, trong đó toàn bộ những vũ trụ liên tục làm các vũ trụ khác mọc ra hoặc "nảy chồi". Nếu điều đó là đúng, nó sẽ thống nhất hai thần thoại tôn giáo lớn, Sáng thế và Niết bàn. Sáng thế sẽ diễn ra liên tục trong phạm vi cơ cấu của Niết bàn vô tận.

Như nhà thiên văn hoàng gia Vương quốc Anh là Tôn ông Martin Rees đã nói: "Cái mà theo thông lệ được gọi là 'vũ trụ' này có thể chỉ là một thành viên của một dàn đồng ca. Vô số các cách thức khác có thể tồn tại, trong đó các quy luật là hoàn toàn khác hẳn. Vũ trụ mà trong đó chúng ta đã sinh ra thuộc về một tập hợp con khác thường cho phép những tổ chức phức tạp và ý thức có thể phát triển."*

Tất cả các hoạt động nghiên cứu này về chủ đề đa vũ trụ là căn nguyên của suy đoán tư biện về việc các vũ trụ khác này có thể giống cái gì, chúng có chứa sự sống hay không, và thậm chí là có khả năng rốt cuộc sẽ tiếp xúc được với chúng hay không. Các tính toán đã được các nhà khoa học ở Cal Tech (Học viện Công nghệ California), MIT, Princeton và các trung tâm nghiên cứu khác thực hiện để xác định xem việc tiến vào một vũ trụ song song có phù hợp với các định luật vật lý hay không.

THUYẾT M VÀ CHIỀU THỨ MƯỜI MỘT

Ý tưởng thực sự về các vũ trụ song song đã từng một thời được các nhà khoa học xem xét với sự ngờ vực như thể đó là một lĩnh vực của những điều thần bí, lang băm và kỳ quặc. Bất cứ nhà khoa học nào dám táo bạo nói hay viết về các vũ trụ song song đã phải hứng chịu sự chế giễu và nguy cơ tiêu tan sự nghiệp của mình, bởi vì ngay đến bây giờ vẫn không có bằng chứng thực nghiệm chứng minh sự tồn tại của chúng.

Nhưng gần đây, xu thế này đã đột ngột xoay chiều, nhờ những bộ óc giỏi nhất trên trái đất đang làm việc với sự tập trung cao độ về đề tài này. Lý do cho sự thay đổi đột ngột này là sự xuất hiện của một thuyết mới là thuyết dây, và phiên bản mới nhất của nó là thuyết M, không chỉ hứa hẹn sẽ làm sáng tỏ bản chất của đa vũ trụ mà còn cho phép chúng ta "đọc được Ý nghĩ của Chúa", như Einstein đã từng hùng hồn diễn tả. Nếu được chứng minh là đúng, nó sẽ tiêu biểu cho các thành tựu hoàn thiện của 2.000 năm nghiên cứu vật lý gần đây, kể từ khi những người Hy Lạp bắt đầu tìm kiếm một học thuyết duy nhất chặt chẽ và toàn diện về vũ trụ.

Các bài báo công bố về thuyết dây và thuyết M thật đáng kinh ngạc, lên tới hàng vạn bài. Hàng trăm cuộc hội thảo quốc tế đã được tổ chức về chủ đề này. Mọi trường đại học lớn trên thế giới hoặc là có nhóm đang làm việc về thuyết dây hoặc là cố gắng trong vô vọng để tìm hiểu nó. Mặc dù không phải là một học thuyết có thể thử nghiệm được bằng các công cụ hiện tại yếu kém của chúng ta, nó đã thổi bùng mối quan tâm to lớn của các nhà vật lý, các nhà toán học, và thậm chí cả các nhà thực nghiệm, những người hy vọng sẽ thử nghiệm phần ngoại vi của thuyết này trong tương lai bằng các thiết bị dò sóng hấp dẫn tối tân đặt ngoài không gian và các cỗ máy đập vỡ nguyên tử khổng lồ.

Cuối cùng, thuyết này có thể trả lời được câu hỏi từng đeo đuổi các nhà vũ trụ học kể từ khi thuyết vụ nổ lớn lần đầu tiên được đề xuất: điều gì đã xảy ra trước vụ nổ lớn?

Điều này đòi hỏi chúng ta phải vận dụng toàn lực các kiến thức vật lý của chúng ta, các phát minh vật lý đã tích lũy qua nhiều thế kỷ. Nói cách khác, chúng ta cần một "thuyết về vạn vật", một lý thuyết về mọi lực vật lý đang chi phối vũ trụ. Einstein đã dành ba mươi năm cuối cùng của cuộc đời mình để theo đuổi thuyết này, nhưng cuối cùng ông đã thất bại.

Ở thời điểm hiện tại, lý thuyết hàng đầu (và duy nhất) có thể giải thích cho sự đa dạng của các lực mà chúng ta thấy đang dẫn dắt vũ trụ là thuyết dây hoặc trong hiện thân mới nhất của nó là thuyết M (M là viết tắt của "membrane" ["màng"] nhưng cũng có thể có nghĩa là "mystery" ["bí hiểm"], "magic" ["ma thuật"], hoặc thậm chí là "mother" ["mẹ"]. Mặc dù thuyết dây và thuyết M về cơ bản là giống nhau, nhưng thuyết M là một cơ cấu nền tảng khó hiểu hơn và phức tạp hơn nhằm hợp nhất các thuyết dây khác nhau).

Kể từ thời Hy Lạp cổ đại, các nhà triết học đã suy đoán rằng các "viên gạch" tột cùng nhỏ xây dựng nên vật chất có thể được hợp thành từ các hạt tí hon gọi là các nguyên tử. Ngày nay, với các cỗ máy đập vỡ nguyên tử và các máy gia tốc hạt mạnh mẽ của mình, chúng ta có thể phá vỡ chính các nguyên tử thành các electron (điện tử) và các hạt nhân, tới lượt chúng lại có thể bị phá vỡ thành các hạt hạ nguyên tử thậm chí còn nhỏ hơn. Nhưng thay vì tìm thấy một cơ cấu nền tảng tao nhã và đơn giản, thật đau khổ khi thấy rằng ở đó có hàng trăm hạt hạ nguyên tử tuôn ra từ các máy gia tốc của chúng ta, với những tên gọi kỳ lạ như notrino, quark, meson, lepton, hadron, gluon, boson W và v.v. Thật khó để tin rằng Tự nhiên, ở cấp độ nền tảng nhất của nó, lại có thể tạo ra một rừng rậm rất lộn xộn gồm các hạt hạ nguyên tử kỳ quái.

Thuyết dây và thuyết M dựa trên một ý tưởng đơn giản và tao nhã cho rằng sự đa dạng đến bối rối của các hạt hạ nguyên tử hợp thành vũ trụ cũng tương tự như các nốt nhạc mà người ta có thể chơi trên dây đàn vĩ cầm, hoặc trên một màng như mặt trống. (Chúng không phải là những sợi dây và các màng thông thường; chúng tồn tại trong siêu không gian mười và mười một chiều.)

Theo truyền thống, các nhà vật lý từng xem electron là hạt điểm, vì chúng tột cùng nhỏ. Điều này có nghĩa là các nhà vật lý đã phải đưa ra một hạt điểm khác biệt cho mỗi một trong số hàng trăm các hạt hạ nguyên tử mà họ đã tìm thấy và đó là một điều cực kỳ gây bối rối. Nhưng theo thuyết dây, nếu chúng ta có một siêu kính hiển vi có thể nhòm kỹ vào tâm của một electron, chúng ta sẽ thấy rằng nó hoàn toàn không phải là một hạt điểm mà là một sợi dây nhỏ xíu đang rung động. Nó chỉ có vẻ là một hạt điểm vì các công cụ quan sát của chúng ta quá thô sơ.

Sợi dây nhỏ xíu này, tới lượt nó, lại rung động ở các tần số và các cộng hưởng khác nhau. Nếu chúng ta gảy sợi dây đang rung động này, nó sẽ thay đổi âm điệu và trở thành một hạt hạ nguyên tử khác, chẳng hạn như một quark. Gảy lần nữa thì nó biến thành một notrino. Theo cách này, chúng ta có thể giải thích cơn bão tuôn trào các hạt hạ nguyên tử chẳng khác gì những nốt nhạc khác nhau của sợi dây này. Bây giờ chúng ta có thể thay thế hàng trăm hạt hạ nguyên tử được nhìn thấy trong phòng thí nghiệm bằng một đối tượng duy nhất là sợi dây.

Trong bảng từ vựng mới này, các định luật vật lý, được xây dựng cẩn thận sau hàng nghìn năm thực nghiệm, chẳng khác gì các luật hòa âm mà người ta có thể viết ra cho những dây đàn và các màng trống. Các định luật hóa học là các giai điệu mà người ta có thể chơi trên các dây. Vũ trụ là bản giao hưởng của các dây đàn. Và "Ý nghĩ của Chúa", như Einstein đã hùng hồn viết, là bản nhạc vũ trụ đang âm vang trong khắp siêu không gian. (Điều này làm nảy sinh một câu hỏi khác: Nếu vũ trụ là một bản giao hưởng của các dây thì có cần một nhà soạn nhạc hay không? Tôi đề cập tới câu hỏi này trong chương mười hai.)

TƯƠNG ĐỒNG VỚI ÂM NHẠC	TƯƠNG ỨNG CỦA THUYẾT DÂY
Nhạc phổ	Toán học
Các dây đàn viôlông	Các siêu dây
Các nốt nhạc	Các hạt hạ nguyên tử
Luật hòa âm	Vật lý
Các giai điệu	Hóa học
Vũ trụ	Bản giao hưởng của các dây
"Ý nghĩ của Chúa"	Bản nhạc đang âm vang trong khắp siêu không gian
Nhà soạn nhạc	?

KẾT THÚC CỦA VŨ TRỤ

WMAP không chỉ đưa ra cái nhìn thoáng qua chính xác nhất của vũ trụ ban đầu, nó còn đưa ra hình ảnh chi tiết nhất về việc vũ trụ của chúng ta sẽ chết đi như thế nào. Cũng như chính lực phản hấp dẫn bí ẩn đã đẩy các thiên hà ra xa tại lúc khởi đầu của thời gian, chính lực phản hấp dẫn này bây giờ lại đang đẩy vũ trụ đến số phận cuối cùng của nó. Trước đây các nhà thiên văn nghĩ rằng sự dãn nở của vũ trụ đã dần dần giảm đi. Nhưng bây giờ chúng ta nhận ra rằng vũ trụ đang thực sự tăng tốc, với các thiên hà đang bị đẩy mạnh ra xa chúng ta với tốc độ đang gia tăng. Chính cái nguồn năng lượng tối chiếm 73% vật chất và năng lượng trong vũ trụ ấy đang làm tăng tốc sự dãn nở của vũ trụ, đẩy các thiên hà ra xa với tốc độ gia tăng hơn bao giờ hết. "Vũ trụ đang hành xử như một người lái xe giảm tốc độ khi gặp đèn đỏ và sau đó nhấn chân ga khi ánh đèn chuyển thành màu xanh,"* Adam Riess từ Viện Nghiên cứu Kính viễn vọng không gian nói.

Trừ phi có điều gì đó xảy ra để đảo ngược sự dãn nở này, trong vòng 150 tỉ năm tới Ngân Hà của chúng ta sẽ trở nên hoàn toàn cô đơn, với 99,99999 % tất cả các thiên hà gần đó đang tăng tốc vượt qua rìa của vũ trụ có thể nhìn thấy được. Các thiên hà quen thuộc trên bầu trời đêm sẽ lao nhanh ra khỏi chúng ta tới mức ánh sáng của chúng sẽ không bao giờ đến được với chúng ta. Bản thân các thiên hà này sẽ không biến mất, nhưng chúng sẽ ở xa tới mức các kính viễn vọng của chúng ta không thể quan sát được chúng. Mặc dù vũ trụ nhìn thấy được chứa khoảng 100 tỉ thiên hà, trong 150 tỉ năm tới chỉ còn một vài nghìn thiên hà nằm trong siêu quần thiên hà địa phương là có thể nhìn thấy được. Nếu xa hơn nữa trong tương lai thì chỉ có cụm thiên hà địa phương của chúng ta, bao gồm khoảng 36 thiên hà, sẽ choán toàn bộ vũ trụ có thể nhìn thấy được, với hàng tỉ thiên hà đang trôi dạt qua rìa chân trời. (Đó là vì lực hấp dẫn trong cụm thiên hà địa phương đủ thắng được sự dãn nở này. Trớ trêu thay, khi các thiên hà xa xăm vượt ra khỏi tầm nhìn, thì bất kỳ nhà thiên văn nào sống trong kỷ nguyên tăm tối này đều có thể hoàn toàn không phát hiện ra sự dãn nở trong vũ trụ, vì bản thân cụm thiên hà địa phương không dãn nở bên trong. Trong tương lai xa xôi, các nhà thiên văn lần đầu tiên phân tích bầu trời đêm có thể không nhận ra bất kỳ sự dãn nở nào và kết luận rằng vũ trụ là tĩnh tại và chỉ bao gồm 36 thiên hà.)

Nếu lực phản hấp dẫn này còn tiếp tục, vũ trụ cuối cùng sẽ tàn lụi trong một vụ đóng băng lớn. Mọi sự sống có trí tuệ trong vũ trụ cuối cùng sẽ đóng băng trong một cái chết đau đớn, khi nhiệt độ của không gian sâu thẳm hạ xuống sát độ 0 (không) tuyệt đối, nơi mà tự bản thân các phân tử khó có thể di chuyển. Tại một thời điểm nào đó sau hàng tỉ tỉ năm kể từ bây giờ, những ngôi sao sẽ ngừng tỏa sáng, các đám cháy hạt nhân của chúng đã tắt khi chúng cạn kiệt nguồn nhiên liệu của mình, làm đen tối vĩnh viễn bầu trời đêm. Sự dãn nở vũ trụ sẽ chỉ để lại một vũ trụ lạnh lẽo chết chóc của các sao lùn đen, sao notron và các lỗ đen. Thậm chí còn xa hơn nữa trong tương lai, bản thân các lỗ đen cũng sẽ mất hết năng lượng của chúng, để lại một làn sương mù vô hồn và lạnh lẽo của các hạt cơ bản đang trôi dạt. Trong một vũ trụ hoang vắng và lạnh lẽo như vậy, sự sống có trí tuệ theo bất kỳ định nghĩa nào có thể hiểu được là không thể về mặt vật lý. Các quy luật sắt đá của nhiệt động lực học ngăn cấm việc chuyển giao bất kỳ thông tin nào trong một môi trường đóng băng như vậy, và tất cả mọi dạng sự sống tất yếu sẽ chấm dứt.

Nhận thức đầu tiên rằng vũ trụ cuối cùng có thể biến mất trong băng giá đã được nêu lên trong thế kỷ 18. Bình luận về quan niệm đáng thất vọng cho rằng các định luật vật lý dường như làm sụp đổ mọi dạng sự sống có trí tuệ, Charles Darwin đã viết: "Hãy tin, như tôi tin, rằng con người trong tương lai xa sẽ là một sinh vật hoàn hảo hơn rất nhiều so với nó hiện nay, thì sẽ thấy quan niệm cho rằng nó và tất cả các giống có tri giác khác tất yếu phải chịu sự tuyệt diệt hoàn toàn sau một quá trình tiến bộ chậm chạp kéo dài như vậy là một suy nghĩ quá quắt."* Thật không may, các dữ liệu mới nhất từ vệ tinh WMAP dường như xác nhận những lo sợ tồi tệ nhất của Darwin.

ĐÀO THOÁT VÀO SIÊU KHÔNG GIAN

Một quy luật vật lý cho rằng sự sống có trí tuệ trong vũ trụ nhất định sẽ phải đối mặt với cái chết cuối cùng. Nhưng một quy luật tiến hóa lại nói rằng khi môi trường thay đổi, thì sự sống hoặc là phải rời bỏ nó, hoặc phải thích nghi hoặc tàn lụi. Do không thể thích nghi với một vũ trụ đang lạnh giá đến chết, nên các lựa chọn duy nhất là tàn lụi hoặc rời bỏ chính vũ trụ này. Khi đối mặt với cái chết cuối cùng của vũ trụ, liệu có thể rằng các nền văn minh cách chúng ta hàng nghìn tỉ năm về sau sẽ phát minh ra công nghệ cần thiết để rời bỏ vũ trụ của chúng ta trong một chiếc "xuồng cứu sinh" đa chiều và trôi dạt tới một vũ trụ khác, trẻ hơn và ấm áp hơn nhiều? Hoặc họ sẽ sử dụng công nghệ vượt trội của mình để có thể "uốn cong thời gian" và du hành ngược trở lại quá khứ của chính họ, nơi nhiệt độ cao hơn nhiều?

Một số nhà vật lý đã đề xuất một số kế hoạch đáng tin cậy, mặc dù cực kỳ mang tính suy đoán, bằng cách sử dụng kiến thức vật lý tiên tiến nhất có thể, để cung cấp cái nhìn thực tế nhất vào các cổng hoặc các cửa ngõ đa chiều tới vũ trụ khác. Các bảng đen của các phòng thí nghiệm vật lý trên khắp thế giới đang có đủ các loại phương trình trừu tượng, khi các nhà vật lý tính toán xem người ta có thể sử dụng "năng lượng ngoại lại" và các lỗ đen để tìm một con đường thông sang một vũ trụ khác hay không. Liệu một nền văn minh tiên tiến, có lẽ vượt hơn chúng ta hàng triệu đến hàng tỉ năm về công nghệ, có thể khai thác được các định luật vật lý đã biết để tiến vào các vũ trụ khác hay không?

Nhà vũ trụ học Stephen Hawking tại Đại học Cambridge đã từng nhận xét dí dỏm: "Các lỗ giun, nếu tồn tại, sẽ là phương cách lý tưởng cho việc du hành nhanh chóng trong không gian. Bạn có thể đi qua một lỗ giun sang phía bên kia của thiên hà và trở lại vào bữa tối."*

Và nếu các lỗ giun và các cổng đa chiều đơn giản là quá nhỏ không thể cho phép cuộc xuất hành cuối cùng ra khỏi vũ trụ này, thì khi đó vẫn còn một lựa chọn cuối cùng: thu nhỏ tổng lượng thông tin của một nền văn minh tiên tiến, có trí tuệ tới cấp độ phân tử và bơm nó qua cửa ngõ này, để sau đó nó sẽ tự lắp ráp ở phía bên kia cổng. Theo cách này, toàn bộ một nền văn minh có thể bơm hạt giống của mình qua một cửa ngõ đa chiều và tự động tái lập, ở giai đoạn hưng thịnh nhất của nó. Siêu không gian, thay vì là một thú tiêu khiển cho các nhà vật lý lý thuyết, có thể có tiềm năng trở thành sự cứu rỗi cuối cùng cho sự sống có trí tuệ trong một vũ trụ đang hấp hối.

Nhưng để hiểu đầy đủ các hàm ý của sự kiện này, trước hết chúng ta phải hiểu các nhà vũ trụ học và các nhà vật lý đã đi đến các kết luận đáng kinh ngạc này khó nhọc như thế nào. Trong tiến trình diễn giải của cuốn *Các thế giới song song*, chúng ta sẽ xem xét lịch sử vũ trụ học, nhấn mạnh những nghịch lý đã tồn tại nhan nhản trong lĩnh vực này qua nhiều thế kỷ, lên tới đỉnh cao trong thuyết lạm phát, mà, trong khi nhất quán với mọi dữ liệu thực nghiệm, lại buộc chúng ta phải nuôi dưỡng khái niệm về đa vũ trụ.

CHƯƠNG HAI

VŨ TRỤ NGHỊCH LÝ

> Giá ta có mặt vào lúc Sáng thế, ta đã có thể đưa ra một số gợi ý hữu ích cho một trật tự vũ trụ tốt hơn.
>
> - Vua Alphonse Thông thái[1]

> Hệ Mặt Trời chết tiệt. Ánh sáng tồi tệ; các hành tinh quá xa; các sao chổi phiền nhiễu; sự sắp đặt kém cỏi; có thể tự mình tạo lấy một cái [vũ trụ] tốt hơn.
>
> - Huân tước Jeffrey

Trong vở kịch *As You Like It* (Khi bạn thích nó), Shakespeare đã viết những lời bất hủ:

Cả thế giới là một sân khấu,
Và mọi người là những diễn viên
Họ liên tục vào ra sân khấu.

Trong thời Trung đại, thế giới này quả thật chỉ là một sân khấu, nhưng nó chỉ là một sân khấu nhỏ và tĩnh tại, bao gồm một Trái Đất phẳng và nhỏ xíu, xung quanh nó là các thiên thể di chuyển bí ẩn trên các quỹ đạo hoàn hảo của chúng trên trời. Các sao chổi được xem như là điềm xấu báo trước cái chết của vua chúa. Khi sao chổi lớn năm 1066 lướt ngang bầu trời nước Anh, nó đã làm những người lính Saxon của vua Harold khiếp sợ, và họ đã nhanh chóng thất bại trước đội quân bất khả chiến bại đang tiến công của William, Nhà Chinh Phục, thiết lập sân khấu cho sự hình thành nước Anh hiện đại.

---

[1] Tức Alfonso X (1221-1284), vua các xứ Castile, León và Galicia (ngày nay thuộc Tây Ban Nha).

Cũng chính sao chổi ấy đã xuất hiện trên bầu trời nước Anh một lần nữa vào năm 1682, lần này cũng gieo rắc sự kinh hãi và lo sợ khắp châu Âu. Tất cả mọi người, từ các bác nông dân cho tới các ông vua, dường như đã bị vị khách không mời xẹt ngang bầu trời này thôi miên. Sao chổi ấy từ đâu tới? Nó bay đi đâu và có ý nghĩa gì?

Một quý ông giàu có tên là Edmund Halley, một nhà thiên văn nghiệp dư, đã bị sao chổi này gợi tò mò tới mức ông đã tham khảo các ý kiến của một trong những nhà khoa học vĩ đại nhất thời ấy là Isaac Newton. Khi Halley hỏi Newton lực nào có thể có khả năng kiểm soát chuyển động của sao chổi này, Newton đã điềm tĩnh trả lời rằng sao chổi này di chuyển theo một đường elip theo định luật lực bình phương nghịch đảo (nghĩa là lực tác động vào sao chổi này giảm tỉ lệ thuận với bình phương của khoảng cách từ Mặt Trời đến nó). Trên thực tế, Newton nói, ông đã theo dõi sao chổi này bằng kính viễn vọng mà ông đã phát minh ra (kính thiên văn phản xạ được các nhà thiên văn trên toàn thế giới sử dụng ngày nay) và đường đi của nó tuân theo định luật vạn vật hấp dẫn mà ông đã phát triển hai mươi năm trước đó.

Halley đã sửng sốt tới mức không thể tin được. "Làm sao mà ngài biết?" Halley hỏi. "Tại sao à, tôi đã tính toán nó," Newton đáp.* Chưa bao giờ trong những giấc mơ ngông cuồng nhất của mình Halley lại mong chờ được nghe thấy rằng bí mật của các thiên thể, từng là bí ẩn thách đố nhân loại kể từ khi những người đầu tiên ngước mắt lên ngắm nhìn bầu trời, lại được giải thích chỉ bằng một định luật hấp dẫn mới.

Choáng váng bởi tầm quan trọng của phát minh đột phá vĩ đại này, Halley đã hào phóng tỏ ý muốn được chi tiền để Newton công bố học thuyết mới này. Năm 1687, với sự cổ vũ và tài trợ của Halley, Newton đã công bố tác phẩm để đời của mình là *Philosophiae naturalis Principia Mathematica* (Những nguyên lý toán học trong triết học tự nhiên). Nó đã được ca ngợi như là một trong những công trình quan trọng nhất được xuất bản từ trước cho tới nay. Chỉ bằng một vài nét bút, các nhà khoa học, trước đó chưa biết gì về các quy luật bao quát hơn của hệ Mặt

Trời đã đột nhiên có thể dự đoán sự chuyển động của các thiên thể với độ chính xác tuyệt hảo.

Ảnh hưởng của cuốn *Principa* (Những nguyên lý)(1) trong các phòng khách và các triều đình châu Âu lớn tới mức nhà thơ Anh Alexander Pope đã viết:

Tự nhiên với các quy luật chìm trong bóng tối,
Chúa phán: Hãy có Newton! và tất cả bừng lên sáng rõ.

(Halley nhận ra rằng nếu quỹ đạo của sao chổi là một hình elip, thì người ta có thể tính toán khi nào nó lại bay qua bầu trời London lần nữa. Tìm kiếm các ghi chép cũ, ông nhận thấy rằng các sao chổi của các năm 1531, 1607 và 1682 quả thật chỉ là cùng một sao chổi. Sao chổi từng có vai trò then chốt đối với sự hình thành một nước Anh hiện đại vào năm 1066 đã được nhiều người nhìn thấy trong suốt lịch sử thành văn, trong đó có Julius Caesar(2). Halley dự đoán rằng sao chổi này sẽ quay trở lại vào năm 1758, rất lâu sau khi Newton và Halley qua đời. Khi sao chổi này quả thật đã trở lại đúng hẹn vào lễ Giáng sinh năm đó, nó đã được đặt tên là sao chổi Halley.)

Newton đã phát hiện ra định luật vạn vật hấp dẫn hai mươi năm trước đó, khi nạn dịch hạch đen buộc Đại học Cambridge phải đóng cửa và ông phải lui về điền trang thôn dã của mình tại Woolsthorpe. Ông thích thú nhớ lại rằng trong khi đi dạo quanh điền trang, ông đã nhìn thấy một quả táo rơi. Khi đó, ông tự đặt ra một câu hỏi mà rốt cuộc đã làm thay đổi tiến trình lịch sử loài người: nếu một quả táo rơi, thì liệu Mặt Trăng có rơi hay không? Trong khoảnh khắc lóe sáng của một thiên tài, Newton nhận ra rằng quả táo, Mặt Trăng, và các hành tinh thảy đều tuân theo cùng một định luật hấp dẫn, rằng tất cả chúng đều rơi theo một định luật bình phương nghịch đảo. Khi Newton nhận thấy rằng toán học của thế kỷ 17 là quá thô sơ để giải định luật về lực này, ông đã phát minh ra một nhánh mới của toán học là

---

1. Gọi tắt tên tác phẩm *Những nguyên lý toán học của triết học tự nhiên.*

2. Julius Caesar (100 TCN-44 TCN): nhà lãnh đạo chính trị và quân sự La Mã.

vi tích phân để xác định chuyển động của những quả táo rơi và những vệ tinh.

Trong *Những nguyên lý*, Newton cũng đã thảo ra các định luật cơ học, các định luật về chuyển động để xác định các quỹ đạo của tất cả các vật thể trên mặt đất cũng như trên trời. Các định luật này đặt cơ sở cho việc thiết kế máy móc, khai thác năng lượng hơi nước và chế tạo đầu máy xe lửa, và chúng đã giúp mở đường cho cuộc cách mạng công nghiệp và nền văn minh hiện đại. Ngày nay, mọi tòa nhà chọc trời, mọi cây cầu và mọi tên lửa đều được xây dựng bằng việc sử dụng các định luật Newton về chuyển động.

Newton không chỉ tặng cho chúng ta các định luật vĩnh cửu của chuyển động; ông còn làm đảo lộn thế giới quan của chúng ta, cho chúng ta một bức tranh mới hoàn toàn về vũ trụ mà trong đó các quy luật huyền bí chi phối các thiên thể cũng chính là các quy luật chi phối Trái Đất. Sân khấu cuộc sống không còn bị bao quanh bởi các điềm gở đáng sợ trên trời; cùng một bộ các quy luật áp dụng cho các diễn viên cũng áp dụng cho phông màn sân khấu.

NGHỊCH LÝ BENTLEY

Vì *Những nguyên lý* là một công trình đầy tham vọng như vậy, nên nó đã đẻ ra những nghịch lý đáng lo ngại đầu tiên về cấu tạo của vũ trụ. Nếu thế giới là một sân khấu, thì sân khấu đó lớn tới mức nào? Nó vô hạn hay hữu hạn? Đây là một câu hỏi từ bao đời, ngay cả triết gia La Mã là Lucretius cũng bị nó quyến rũ. "Vũ trụ không bị giới hạn ở bất kỳ hướng nào," ông viết. "Nếu nó bị giới hạn, nhất thiết nó sẽ có một giới hạn ở đâu đó. Nhưng rõ ràng là một vật chỉ có giới hạn khi có cái gì đó ở phía ngoài nó để giới hạn nó... Trong mọi chiều như nhau, ở bên này hay ở bên kia, ở phía trên hay ở phía dưới khắp vũ trụ, đều không có điểm kết thúc."*

Nhưng lý thuyết của Newton cũng bộc lộ các nghịch lý cố hữu trong bất kỳ lý thuyết nào về một vũ trụ hữu hạn hoặc vô hạn. Những câu hỏi đơn giản nhất đều dẫn đến một bãi lầy của những điều mâu thuẫn. Ngay cả khi Newton đang tắm mình trong danh tiếng do cuốn sách *Những nguyên lý* mang lại, ông đã phát hiện ra rằng thuyết hấp dẫn của mình nhất định chứa đầy các nghịch lý. Năm 1692, một giáo sĩ là Đức cha Richard Bentley đã viết một lá thư đơn giản một cách chân thành nhưng đầy lo lắng cho Newton. Vì hấp dẫn luôn luôn là lực hút mà không bao giờ là lực đẩy, Bentley viết, nên một tập hợp bất kỳ các ngôi sao dĩ nhiên sẽ suy sụp vào trong chính chúng. Nếu vũ trụ là hữu hạn, thì bầu trời đêm, đáng lẽ là vĩnh cửu và tĩnh tại, lại sẽ là một cảnh tàn sát khó tin, khi các ngôi sao lao vào nhau và kết tụ lại thành một siêu sao rực lửa. Nhưng Bentley cũng đã chỉ ra rằng nếu vũ trụ là vô hạn, thì lực tác động vào một thiên thể bất kỳ, kéo nó sang trái hay sang phải, cũng sẽ là vô hạn, do đó các ngôi sao sẽ bị xé toạc ra thành các mảnh vụn trong các biến cố thảm họa dữ dội.

Thoạt nhìn, dường như Bentley đã dồn Newton vào thế bí. Hoặc vũ trụ là hữu hạn (và nó bị suy sụp thành một quả cầu lửa), hoặc nó là vô hạn (trong trường hợp này tất cả các ngôi sao sẽ bị bắn tung ra tứ phía). Khả năng nào cũng là thảm họa cho lý thuyết non trẻ được Newton đề xuất. Lần đầu tiên trong lịch sử, vấn đề này đã bộc lộ các nghịch lý tinh tế nhưng cố hữu, chúng tấn công bất kỳ thuyết hấp dẫn nào khi áp dụng cho toàn thể vũ trụ.

Sau khi suy nghĩ cẩn thận, Newton đã viết thư trả lời rằng ông tìm thấy một kẽ hở trong luận cứ này. Ông chọn một vũ trụ vô hạn, nhưng là một vũ trụ hoàn toàn đồng nhất. Vì thế, nếu một ngôi sao bị kéo sang bên phải bởi một số vô hạn các sao, thì điều này bị triệt tiêu chính xác bởi một lực kéo tương đương của một số vô hạn các ngôi sao khác ở hướng ngược lại. Như vậy tất cả các lực được cân bằng theo mọi hướng, tạo ra một vũ trụ tĩnh tại. Vì thế, nếu hấp dẫn luôn là lực hút, thì giải pháp duy nhất cho nghịch lý Bentley là một vũ trụ vô hạn và đồng nhất.

Newton quả thật đã tìm thấy một kẽ hở trong luận cứ của Bentley. Nhưng Newton cũng đủ thông minh để nhận ra điểm yếu trong câu trả lời của chính mình. Ông thừa nhận trong một lá thư rằng giải pháp của ông, mặc dù về mặt kỹ thuật là đúng, nhưng chứa đựng sự bất ổn định nội tại. Vũ trụ đồng nhất nhưng vô hạn của Newton giống như một ngôi nhà xếp bằng những quân bài: có vẻ ổn định, nhưng rất dễ sụp đổ chỉ với những nhiễu động nhẹ nhất. Có thể thấy rằng chỉ cần một ngôi sao bị đung đưa chút xíu, nó cũng sẽ gây ra một phản ứng dây chuyền và các quần sao sẽ bắt đầu sụp đổ ngay lập tức. Câu trả lời yếu ớt của Newton là viện dẫn tới một "sức mạnh thần thánh" đã ngăn ngôi nhà bằng những quân bài của ông không bị sụp đổ. "Một phép màu liên tục là cần thiết để ngăn chặn Mặt Trời và các sao cố định không lao vào nhau vì lực hấp dẫn"*, ông viết.

Đối với Newton, vũ trụ giống như một chiếc đồng hồ khổng lồ được Chúa Trời lên dây vào lúc thời gian bắt đầu và cứ tích ta tích tắc chạy kể từ thời điểm đó, tuân theo ba định luật về chuyển động của ông, mà không cần đến sự can thiệp của Chúa nữa. Nhưng đôi khi chính Chúa Trời đã phải can thiệp và chỉnh lại vũ trụ một chút, để giữ cho nó khỏi bị sụp đổ. (Nói cách khác, đôi khi Chúa phải can thiệp để ngăn chặn các phông màn của sân khấu cuộc sống không sụp đổ xuống đầu các diễn viên.)

NGHỊCH LÝ OLBERS

Ngoài nghịch lý Bentley, có một nghịch lý khác thậm chí còn cố hữu sâu hơn trong bất kỳ vũ trụ vô hạn nào. Nghịch lý Olbers bắt đầu bằng việc hỏi tại sao bầu trời đêm có màu đen. Các nhà thiên văn ngay từ Johannes Kepler đã nhận ra rằng nếu vũ trụ là đồng nhất và vô hạn, thì cho dù bạn nhìn vào bất cứ hướng nào, bạn sẽ thấy ánh sáng từ một số vô hạn các sao. Nhìn vào bất kỳ điểm nào trên bầu trời đêm, tia nhìn của chúng ta cuối cùng sẽ đi qua một số lượng các ngôi sao vô cùng tận, do đó nhận được một lượng vô hạn ánh sáng sao. Vì thế, bầu trời đêm sẽ phải rực sáng! Thế nhưng thực tế là bầu trời đêm có màu đen, chứ không phải màu trắng, là một nghịch lý vũ trụ tinh tế nhưng khó hiểu trong nhiều thế kỷ.

Nghịch lý Olbers, giống như nghịch lý Bentley, tưởng là đơn giản nhưng đã làm điêu đứng nhiều thế hệ triết gia và nhà thiên văn học. Cả nghịch lý Bentley lẫn nghịch lý Olbers đều phụ thuộc vào quan sát rằng, trong một vũ trụ vô hạn, các lực hấp dẫn và các chùm tia sáng có thể tăng lên mãi rồi cho ra các kết quả vô hạn và vô nghĩa. Trong nhiều thế kỷ, rất nhiều giải đáp không đúng đã được đề xuất. Kepler đã bị nghịch lý này quấy nhiễu tới mức ông chỉ đơn giản là mặc nhiên công nhận rằng vũ trụ là hữu hạn, được bao trong một cái vỏ, vì thế chỉ có một lượng hữu hạn ánh sáng sao tới được mắt chúng ta.

Sự nhầm lẫn về nghịch lý này lớn tới mức một nghiên cứu năm 1987 cho thấy có tới 70% các sách giáo khoa thiên văn học đã đưa ra câu trả lời không chính xác.

Đầu tiên người ta có thể thử giải quyết nghịch lý Olbers bằng cách nói rằng ánh sáng sao bị các đám mây bụi hấp thụ. Đây là câu trả lời được chính Heinrich Wilhelm Olbers đưa ra vào năm 1823 khi ông lần đầu tiên phát biểu nghịch lý này. Olbers đã viết: "May mắn làm sao là Trái Đất không nhận được ánh sáng sao từ mọi điểm của vòm trời! Tuy nhiên, với độ sáng và nhiệt năng không thể tưởng tượng được như vậy, gấp đến 90.000 lần những gì hiện nay chúng ta trải nghiệm, Đấng Toàn năng lại có thể dễ dàng tạo ra các sinh vật có khả năng thích nghi với những điều kiện khắc nghiệt như vậy."* Nhằm làm cho Trái Đất không bị tắm mình "trong một nền trời sáng chói như đĩa Mặt Trời", Olbers đề xuất rằng các đám mây bụi phải hấp thụ lượng nhiệt mãnh liệt này để làm cho sự sống trên Trái Đất có thể nảy nở. Chẳng hạn, phần trung tâm rực lửa của Ngân Hà của chính chúng ta mà đúng ra sẽ chi phối bầu trời đêm, thực sự bị ẩn nấp phía sau các đám mây bụi. Nếu chúng ta nhìn về hướng chòm sao Cung Thủ (Sagittarius), nơi có trung tâm Ngân Hà, chúng ta sẽ thấy không phải là một quả cầu lửa rực sáng mà là một mảng tối.

Nhưng các đám mây bụi quả thật không thể giải thích được nghịch lý Olbers. Trong một khoảng thời gian vô hạn, những đám mây bụi đó sẽ hấp thụ ánh sáng từ số lượng vô hạn các ngôi sao nên cuối cùng sẽ rực sáng giống như bề mặt của một ngôi sao. Vì thế, ngay cả những đám mây bụi cũng sẽ rực sáng trong bầu trời đêm.

Tương tự như vậy, người ta có thể cho rằng một ngôi sao càng xa thì nó lại càng mờ nhạt. Điều này đúng, nhưng nó cũng không thể là câu trả lời. Nếu chúng ta nhìn vào một khoảng của bầu trời đêm, những ngôi sao rất xa quả thật là mờ nhạt, nhưng càng nhìn xa hơn thì càng có nhiều sao hơn. Hai hiệu ứng này sẽ triệt tiêu lẫn nhau một cách chính xác trong một vũ trụ đồng nhất, để lại một bầu trời đêm màu trắng. (Đó là do cường độ của ánh sáng sao giảm đi theo bình phương khoảng cách, nhưng nó bị triệt tiêu bởi một thực tế là số lượng các ngôi sao lại tăng lên theo bình phương khoảng cách.)

Điều kỳ lạ là người đầu tiên trong lịch sử giải quyết được nghịch lý này là nhà văn Mỹ chuyên viết truyện kinh dị Edgar Allan Poe, người có sự quan tâm lâu dài tới thiên văn học. Ngay trước khi qua đời, ông công bố nhiều quan sát của mình trong một bài thơ mang tính triết học nhưng khá lan man có nhan đề là *Eureka: A Prose Poem* (Ơ-rê-ka: Một bài thơ văn xuôi). Trong một đoạn đáng chú ý, ông viết:

> Nếu các ngôi sao kế tiếp nhau vô tận, thì nền trời sẽ đem lại cho chúng ta một độ sáng đồng nhất, giống như cái mà Ngân Hà đã biểu hiện - *vì hoàn toàn không thể có một điểm nào, trong toàn bộ nền trời ấy, mà ở đó không tồn tại một ngôi sao.* Vì thế, cách thức duy nhất mà theo đó, trong tình trạng sự việc như vậy, chúng ta có thể hiểu được *các khoảng không trống rỗng* mà các kính viễn vọng của chúng ta tìm thấy ở vô số các hướng, sẽ là giả định rằng khoảng cách của nền trời tối không thấy gì này [là] lớn tới mức chưa một tia sáng nào từ nó đã có thể đi tới được chỗ chúng ta.*

Ông đã kết luận bằng việc lưu ý rằng ý tưởng này "là quá đẹp, đẹp đến nỗi nó *không* chứa chân lý làm bản chất của nó".

Đây là chìa khóa dẫn tới câu trả lời đúng đắn. Vũ trụ không phải là già vô cùng tận. Từng có một Sáng thế. Có một ngưỡng giới hạn với lượng ánh sáng đi tới mắt chúng ta. Ánh sáng từ những ngôi sao xa xăm nhất vẫn chưa đủ thời gian để tới được chỗ chúng ta. Nhà vũ trụ học Edward Harrison, người đầu tiên phát hiện ra rằng Poe đã giải quyết được nghịch lý Olbers, đã viết: "Khi mới đọc những lời của Poe, tôi đã vô cùng kinh ngạc:

Làm thế nào mà một nhà thơ, mà giỏi lắm cũng chỉ là một nhà khoa học nghiệp dư, lại có thể nghĩ ra được lời giải thích đúng từ 140 năm trước, khi mà trong các trường đại học của chúng ta thì lời giải thích sai... vẫn đang được giảng dạy?"*

Năm 1901 Huân tước Kelvin[1], nhà vật lý người Scotland, cũng tìm ra câu trả lời đúng. Ông nhận ra rằng khi bạn nhìn vào bầu trời đêm, bạn đang nhìn vào nó ở trạng thái quá khứ, chứ không phải là nó trong hiện tại, vì tốc độ ánh sáng, mặc dù cực lớn theo các tiêu chuẩn Trái Đất (299.792 km/s), vẫn chỉ là hữu hạn, và cần phải có thời gian để ánh sáng đi từ những ngôi sao xa xăm tới Trái Đất. Kelvin đã tính toán rằng để bầu trời đêm có màu trắng, vũ trụ sẽ phải kéo dài hàng trăm nghìn tỉ năm ánh sáng. Nhưng vì vũ trụ không phải là hàng nghìn tỉ năm tuổi, nên bầu trời tất yếu có màu đen. (Còn có một nguyên nhân thứ hai góp phần giải thích tại sao bầu trời đêm có màu đen là tuổi thọ hữu hạn của các ngôi sao chỉ cỡ vài tỉ năm.)

Gần đây, đã có thể xác minh bằng thực nghiệm sự đúng đắn trong giải pháp của Poe bằng cách sử dụng các vệ tinh như kính thiên văn không gian Hubble. Các kính thiên văn mạnh mẽ này, đến lượt chúng, lại cho phép chúng ta trả lời một câu hỏi mà ngay cả trẻ em cũng có thể hỏi: Ngôi sao xa nhất nằm ở đâu? Và cái gì nằm xa hơn ngôi sao xa nhất? Để trả lời những câu hỏi này, các nhà thiên văn đã lập trình cho kính thiên văn không gian Hubble thực hiện một nhiệm vụ lịch sử: chụp ảnh điểm xa nhất trong vũ trụ. Để bắt được các phát xạ cực kỳ yếu ớt từ những ngóc ngách sâu nhất của không gian, kính thiên văn này đã phải thực hiện một nhiệm vụ vô tiền khoáng hậu: nhắm chính xác vào cùng một điểm trên bầu trời nằm gần chòm sao Lạp Hộ tức Thợ Săn (Orion) trong tổng cộng vài trăm giờ, đòi hỏi kính thiên văn này phải được dóng thẳng hoàn hảo vào một hướng trong 400 vòng quỹ đạo xung quanh Trái Đất. Dự án này khó khăn tới mức nó đã phải kéo dài trên bốn tháng.

Năm 2004, một bức ảnh gây ấn tượng sâu sắc đã được lên tít trang nhất của báo chí trên khắp thế giới. Nó cho thấy một tập hợp một vạn thiên hà mới sinh khi chúng ngưng tụ từ mớ hỗn nguyên của chính vụ nổ lớn. "Chúng ta có lẽ đã nhìn thấy cái kết của sự khởi đầu,"* Anton Koekemoer từ Viện Nghiên cứu Khoa học kính viễn vọng không gian tuyên bố. Bức ảnh này cho thấy một mớ lộn xộn các thiên hà mờ nhạt cách Trái Đất hơn 13 tỉ năm ánh sáng - nghĩa là, phải mất hơn 13 tỉ năm để ánh sáng của chúng đến được Trái Đất. Vì bản thân vũ trụ chỉ mới 13,7 tỉ năm tuổi, nên các thiên hà này được hình thành khoảng nửa tỉ năm sau Sáng thế, khi các ngôi sao và các thiên hà đầu tiên đã ngưng tụ từ "món xúp" của các khí còn sót lại từ vụ nổ lớn. "Kính Hubble đưa chúng ta tới rất gần bản thân vụ nổ lớn,"* nhà thiên văn Massimo Stivavelli của viện này cho biết.

---

[1] Tên thật là William Thomson (1824-1907), được biết đến nhiều nhất vì đã đặt ra thang độ Kelvin gắn liền với độ không tuyệt đối.

Nhưng điều này cũng nêu lên một câu hỏi: cái gì nằm phía ngoài các thiên hà xa nhất? Khi nhìn kỹ bức ảnh đáng chú ý này, điều hoàn toàn rõ ràng là chỉ có một màu đen giữa các thiên hà. Màu đen này là cái làm cho bầu trời đêm có màu đen. Đây là cái ngưỡng cuối cùng cho ánh sáng từ những ngôi sao xa xôi. Tuy nhiên, màu đen này thực ra là bức xạ nền vi sóng. Vì thế, câu trả lời cuối cùng cho câu hỏi tại sao bầu trời đêm có màu đen là bầu trời đêm không phải là thực sự đen một chút nào. (Nếu đôi mắt của chúng ta bằng cách nào đó có thể nhìn thấy bức xạ vi sóng, chứ không chỉ ánh sáng nhìn thấy được, chúng ta sẽ thấy bức xạ từ bản thân vụ nổ lớn tràn ngập bầu trời đêm. Theo một nghĩa nào đó, bức xạ từ vụ nổ lớn hiện ra mỗi đêm. Nếu chúng ta có đôi mắt có thể nhìn thấy vi sóng, thì chúng ta có thể thấy rằng nằm phía ngoài ngôi sao xa nhất chính là bản thân hiện tượng Sáng thế.)

EINSTEIN, KẺ NỔI LOẠN

Các định luật của Newton đã thành công đến mức phải mất hơn 200 năm để khoa học có được bước tiến định mệnh kế tiếp, với công trình của Albert Einstein. Einstein đã khởi đầu sự nghiệp của mình là một ứng viên ít được mong đợi nhất cho một vai trò cách mạng như vậy. Sau khi lấy bằng cử nhân của Đại học Bách khoa Zurich, Thụy Sĩ vào năm 1900, ông bị thất nghiệp một cách vô vọng. Sự nghiệp của ông đã bị phá hoại bởi chính các giáo sư của ông, những người không thích kẻ học trò hỗn xược và vênh váo, thường xuyên bỏ học này. Những bức thư cầu xin đầy phiền muộn của ông cho thấy vực sâu mà ông đã rơi xuống. Ông coi mình là một kẻ thất bại và một gánh nặng tài chính đối với cha mẹ mình. Trong một bức thư cay đắng, ông đã thú nhận rằng thậm chí ông đã nghĩ tới việc chấm dứt đời mình. "Điều bất hạnh cho cha mẹ khốn khổ của tôi, những người trong quá nhiều năm qua đã không có một khoảnh khắc hạnh phúc, đè nặng lên tôi... Tôi chẳng là gì mà chỉ là một gánh nặng cho những người thân của tôi... Chắc chắn sẽ tốt hơn nếu như tôi không còn sống nữa,"* ông đã chán nản viết ra như vậy.

Trong tuyệt vọng, ông đã nghĩ đến việc chuyển nghề và đi làm cho một công ty bảo hiểm. Thậm chí ông đã nhận làm gia sư gõ đầu trẻ nhưng lại cãi cọ với người thuê mình và bị sa thải. Khi bạn gái của ông là Mileva Maric mang thai ngoài ý muốn, ông buồn bã nhận ra rằng đứa con của họ sẽ được sinh ra không hợp pháp, vì ông không có tiền để kết hôn với cô. (Không ai biết điều gì cuối cùng đã xảy ra với Lieseral, người con gái ngoài giá thú của ông.) Và cú sốc cá nhân sâu sắc ông cảm nhận được khi cha ông đột ngột qua đời đã để lại một vết sẹo tình cảm mà kể từ đó ông không bao giờ còn phục hồi hoàn toàn được nữa. Cha ông qua đời khi đang nghĩ rằng con trai mình là một kẻ thất bại.

Mặc dù giai đoạn 1901-1902 có lẽ là khoảng thời gian tồi tệ nhất trong cuộc đời của Einstein, nhưng Marcel Grossman đã cứu vãn sự nghiệp của ông khỏi rơi vào lãng quên bằng cách sử dụng tầm ảnh hưởng của mình để tìm cho ông công việc làm một thư ký quèn ở Cục Sáng chế Thụy Sĩ tại Bern.

CÁC NGHỊCH LÝ CỦA THUYẾT TƯƠNG ĐỐI

Bề ngoài, không ai nghĩ Cục Sáng chế là nơi thích hợp để khởi đầu cuộc cách mạng vĩ đại nhất trong vật lý kể từ thời Newton. Nhưng nó có những ưu thế của nó. Sau khi nhanh chóng xử lý các đơn xin cấp bằng sáng chế đang chất đống trên bàn làm việc của mình, Einstein thường ngồi thư giãn và quay về với ước mơ thời thơ ấu. Thuở còn trẻ, Einstein đã đọc một cuốn sách của Aaron Bernstein nhan đề *People's Book on Natural Science* (Sách đại chúng về khoa học tự nhiên), "một tác phẩm mà tôi đọc với sự chăm chú đến nín thở", ông nhớ lại. Bernstein đề nghị độc giả tưởng tượng đang lướt cùng dòng điện chạy trên đường dây điện báo. Khi mười sáu tuổi, Einstein đã tự hỏi một câu tương tự: một chùm tia sáng trông sẽ thế nào nếu ta có thể bắt kịp nó? Einstein nhớ lại: "Một băn khoăn như vậy là hệ quả từ một nghịch lý mà tôi đã vấp phải khi mười sáu tuổi: Nếu tôi đuổi theo một chùm sáng với vận tốc *c* (vận tốc ánh sáng trong chân không), tôi sẽ quan sát thấy chùm sáng như vậy dưới dạng một điện từ trường vốn dao động trong không gian lúc này ở trạng thái đứng yên. Tuy nhiên, có vẻ như điều ấy không xảy ra, dù là trên cơ sở thực nghiệm hoặc tuân theo các phương trình Maxwell"*. Như một đứa trẻ, Einstein nghĩ rằng nếu bạn có thể chạy đua cùng với một tia sáng, nó sẽ dường như bị tê cứng lại, giống như một con sóng bất động. Tuy nhiên, chưa từng có một ai nhìn thấy ánh sáng bị tê cứng lại bao giờ, vì thế ở đây có điều gì đó hết sức không ổn.

Vào đầu thế kỷ 20, tất cả mọi thứ dựa vào hai cột trụ lớn của vật lý: thuyết của Newton về cơ học và lực hấp dẫn và thuyết của Maxwell về ánh sáng. Trong thập niên 1860, nhà vật lý Scotland là James Clerk Maxwell đã chỉ ra rằng ánh sáng bao gồm các điện trường và từ trường dao động hoán đổi liên tục. Điều mà Einstein đã phát hiện ra và gây sốc đối với ông là hai cột trụ này mâu thuẫn với nhau, do vậy một trong chúng phải bị hạ bệ.

Trong phạm vi các phương trình Maxwell, ông đã tìm thấy giải pháp cho vấn đề nan giải đã ám ảnh mình suốt mười năm qua. Einstein đã tìm thấy điều gì đó mà bản thân Maxwell từng bỏ qua: các phương trình Maxwell cho thấy ánh sáng di chuyển với một vận tốc không đổi, không phụ thuộc vào việc bạn đã cố đuổi kịp nó nhanh như thế nào. Tốc độ ánh sáng *c* là như nhau trong mọi hệ quy chiếu quán tính (nghĩa là các hệ quy chiếu di chuyển với vận tốc không đổi). Cho dù bạn đứng yên, ngồi trên tàu hỏa đang chạy, hoặc ngồi trên một sao chổi lao nhanh, bạn sẽ thấy một chùm sáng đang phóng nhanh ở phía trước bạn với cùng một tốc độ. Bất kể bạn di chuyển nhanh như thế nào, bạn sẽ không bao giờ có thể vượt qua ánh sáng.

Điều này ngay lập tức đã dẫn tới một mớ các nghịch lý. Hãy tưởng tượng, vào lúc này một nhà du hành vũ trụ đang cố gắng đuổi kịp một chùm sáng lao nhanh. Anh ta tăng tốc con tàu vũ trụ của mình cho đến khi sánh ngang với chùm sáng. Một người đứng xem trên Trái Đất chứng kiến cuộc rượt đuổi giả định này sẽ khẳng định rằng nhà du hành vũ trụ và tia sáng đã di chuyển sóng đôi sát cạnh nhau. Tuy nhiên, nhà du hành vũ trụ này sẽ nói hoàn toàn khác, anh ta thấy rằng chùm sáng đã bứt khỏi anh ta, hệt như khi tàu vũ trụ của anh ta đứng yên vậy.

Câu hỏi mà Einstein phải đương đầu là: Tại sao hai người lại có thể có các diễn giải khác nhau đến như vậy về cùng một sự kiện? Theo thuyết của Newton, người ta luôn luôn có thể đuổi kịp một chùm sáng; còn trong thế giới của Einstein, điều này là không thể. Ông đột nhiên nhận ra rằng đã có một thiếu sót cơ bản trong nền tảng thật sự của vật lý. Vào mùa xuân năm 1905, Einstein nhớ lại, "một cơn giông tố đã bùng nổ trong tâm trí tôi". Trong một khoảnh khắc lóe sáng, cuối cùng ông đã tìm ra giải pháp: *thời gian trôi với các tốc độ khác nhau, tùy thuộc vào việc bạn di chuyển nhanh hay chậm.* Trên thực tế, bạn càng di chuyển nhanh bao nhiêu thì thời gian lại trôi chậm bấy nhiêu. Thời gian không phải là một đại lượng tuyệt đối, như Newton từng nghĩ. Theo Newton, thời gian trôi như nhau trong khắp vũ trụ, do đó một giây trôi qua trên Trái Đất cũng y hệt như một giây trên sao Mộc hay sao Hỏa. Các đồng hồ điểm nhịp với sự đồng bộ tuyệt đối trong khắp vũ trụ. Tuy nhiên, đối với Einstein, các đồng hồ khác nhau điểm nhịp với các tốc độ khác nhau trong khắp vũ trụ.

Einstein nhận ra rằng nếu thời gian có thể thay đổi phụ thuộc vào vận tốc của bạn thì các đại lượng khác như chiều dài, vật chất và năng lượng cũng có thể thay đổi*. Ông nhận ra rằng bạn càng di chuyển nhanh bao nhiêu thì các khoảng cách cũng co ngắn lại bấy nhiêu (điều này đôi khi được gọi là co ngắn Lorentz-FitzGerald). Tương tự, bạn càng di chuyển nhanh bao nhiêu thì bạn càng trở nên nặng bấy nhiêu. (Trên thực tế, khi bạn đạt tới tốc độ ánh sáng, thời gian sẽ bị chậm tới mức dừng lại, các khoảng cách sẽ co ngắn tới không còn gì, và khối lượng của bạn sẽ trở thành vô hạn, tất cả những điều này sẽ trở nên phi lý. Điều này cũng là lý do tại sao bạn không thể phá vỡ rào cản ánh sáng, đó là giới hạn tốc độ tột cùng trong vũ trụ.)

Sự biến dạng kỳ lạ này của không-thời gian đã khiến một nhà thơ viết rằng(1):

Chàng trẻ tuổi tên gọi là Fisk
Kiếm chàng múa quay tròn xoay tít.
Kiếm thuật chàng ngày càng tăng tiến,
Nên co ngắn FitzGerald đã biến
Kiếm của chàng thành một trái quýt(2).

Einstein đã thống nhất không gian với thời gian theo cùng một cách mà ý tưởng đột phá của Newton đã thống nhất vật lý của các vật trên Trái Đất với vật lý thiên thể. Nhưng Einstein cũng chỉ ra rằng vật chất và năng lượng là thống nhất và vì thế có thể biến đổi thành nhau. Nếu một vật thể trở nên nặng hơn khi nó di chuyển nhanh hơn, thì có nghĩa là năng lượng của chuyển động này đang được chuyển thành vật chất. Chiều ngược lại cũng đúng - vật chất có thể được chuyển đổi thành năng lượng. Einstein đã tính toán bao nhiêu năng lượng có thể được chuyển đổi thành vật chất, và ông đã nêu lên công thức $E = mc^2$, nghĩa là, ngay cả một lượng nhỏ vật chất m cũng được nhân lên với một con số khổng lồ (bình phương tốc độ ánh sáng) khi nó chuyển hóa thành năng lượng E. Vì thế, nguồn năng lượng bí mật chiếu sáng vũ trụ của bản thân các ngôi sao đã được phát hiện là do vật chất chuyển đổi thành năng lượng thông qua phương trình này. Bí mật của các ngôi sao đã có thể hé lộ từ phát biểu đơn giản rằng tốc độ của ánh sáng là như nhau trong mọi hệ quy chiếu quán tính.

---

(1) Không rõ tác giả, nhưng lần đầu tiên xuất hiện trong cuốn *One, Two, Three... Infinity* (Một, hai, ba... vô tận) của George Gamow do Viking Press, Inc., N. Y., xuất bản lần đầu năm 1947.

(2) Nguyên văn là cái đĩa, nhưng chuyển thành trái quýt để bắt vần cho thể thơ năm câu limerick.

Cũng giống như Newton trước kia, Einstein đã làm thay đổi quan điểm của chúng ta về sân khấu cuộc sống. Trong thế giới của Newton, tất cả các diễn viên đều biết chính xác thời gian và các khoảng cách đo được. Nhịp thời gian và các chiều của sân khấu này không bao giờ thay đổi. Nhưng thuyết tương đối đã cho chúng ta một cách thức kỳ quái để hiểu biết không gian và thời gian. Trong vũ trụ của Einstein, tất cả các diễn viên đều có đồng hồ đeo tay chỉ các thời gian khác nhau. Điều này có nghĩa là không thể đồng bộ tất cả các đồng hồ trên sân khấu này. Việc thiết lập một thời gian diễn tập vào buổi trưa có nghĩa khác nhau đối với các diễn viên khác nhau. Trên thực tế, những điều kỳ lạ xảy ra khi các diễn viên chạy ngang qua sân khấu. Họ càng di chuyển nhanh bao nhiêu thì đồng hồ của họ điểm nhịp càng chậm và cơ thể của họ càng trở nên nặng và phẳng bấy nhiêu.

Phải mất nhiều năm trước khi sự hiểu biết sâu sắc của Einstein mới có thể được một cộng đồng khoa học rộng lớn công nhận. Nhưng Einstein đã không chịu giậm chân tại chỗ; ông muốn áp dụng thuyết tương đối mới của mình cho chính lực hấp dẫn. Ông sớm nhận ra mình sẽ phải đối mặt với những khó khăn như thế nào; ông có thể sẽ làm xáo trộn lý thuyết thành công nhất trong thời đại mình. Max Planck, người sáng lập ra thuyết lượng tử, đã cảnh báo ông: "Với tư cách là một người bạn cũ, tôi phải khuyên anh đừng làm điều đó vì trước hết anh sẽ không thành công, và thậm chí nếu thành công, sẽ không có ai tin anh"*.

Einstein nhận ra rằng thuyết tương đối mới mẻ của ông đã vi phạm thuyết hấp dẫn của Newton. Theo Newton, lực hấp dẫn truyền đi tức thời trong khắp vũ trụ. Nhưng điều này đặt ra một câu hỏi giống như thắc mắc con trẻ: "Điều gì sẽ xảy ra nếu Mặt Trời biến mất?" Đối với Newton, toàn thể vũ trụ sẽ chứng kiến sự biến mất của Mặt Trời ngay lập tức vào cùng một lúc. Nhưng theo thuyết tương đối hẹp, điều này là không thể, vì thời điểm biến mất của một ngôi sao bị giới hạn bởi tốc độ ánh sáng. Theo thuyết tương đối, sự biến mất đột ngột của Mặt Trời sẽ tạo ra một sóng xung kích dạng cầu của hấp dẫn lan truyền ra ngoài với tốc độ ánh sáng. Phía ngoài sóng xung kích, những người quan sát sẽ nói rằng Mặt Trời vẫn chiếu sáng, vì hấp dẫn chưa đủ thời gian để tới chỗ của họ. Nhưng bên trong sóng này, một người quan sát sẽ nói rằng Mặt Trời đã biến mất. Để giải quyết vấn đề này, Einstein đã đưa ra một hình ảnh hoàn toàn khác biệt về không gian và thời gian.

LỰC LÀ SỰ UỐN CONG KHÔNG GIAN

Newton coi không gian và thời gian như một hí trường mênh mông trống rỗng, trong đó các sự kiện có thể xảy ra, tuân theo các định luật về chuyển động của ông. Sân khấu này chứa đầy những điều kỳ diệu và bí ẩn, nhưng về bản chất nó là trơ và bất động, như một người thụ động đứng làm chứng cho vũ điệu của Tự nhiên. Tuy nhiên, Einstein đã lật lại ý tưởng này. Đối với Einstein, bản thân sân khấu này sẽ trở thành một phần quan trọng của cuộc sống. Trong vũ trụ của Einstein, không gian và thời gian không phải là một hí trường tĩnh như Newton đã nghĩ, mà là động, nó bị uốn và bẻ cong theo các cách thức kỳ lạ. Giả sử sân khấu cuộc sống này được thay thế bằng một giàn nhún, sao cho các diễn viên lún xuống nhẹ nhàng dưới trọng lượng của bản thân họ. Trên hí trường như vậy, chúng ta thấy rằng sân khấu này cũng trở nên quan trọng ngang với các diễn viên.

Hãy nghĩ về một quả bóng bowling được đặt trên một cái giường và đang lún xuống nhẹ nhàng vào trong đệm. Bây giờ hãy bắn một viên bi dọc theo bề mặt cong của chiếc đệm. Nó sẽ di chuyển theo một đường cong, quay xung quanh quả bóng bowling. Một người theo thuyết Newton, khi chứng kiến viên bi xoay quanh quả bóng bowling từ xa, có thể kết luận rằng có một lực bí ẩn mà quả bóng bowling đã tác động lên viên bi này. Người theo thuyết Newton này có thể nói rằng quả bóng bowling đã gây ra một sức kéo tức thời kéo viên bi hướng về phía tâm của nó.

Đối với một người theo thuyết tương đối, người có thể theo dõi chuyển động của viên bi trên chiếc giường cận cảnh hơn, thì hiển nhiên là không có lực nào cả. Ở đó chỉ có sự uốn cong của cái đệm giường, đã buộc viên bi phải di chuyển theo một đường cong. Đối với người theo thuyết tương đối này, không có sức kéo, chỉ có sức đẩy, được chiếc giường bị uốn cong tác động lên viên bi này. Thay thế viên bi bằng Trái Đất, quả bóng bowling bằng Mặt Trời, và chiếc giường bằng không-thời gian trống rỗng, thì chúng ta thấy rằng Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời không phải là do lực kéo của hấp dẫn mà là vì Mặt Trời uốn cong không gian xung quanh Trái Đất, tạo ra một sức đẩy buộc Trái Đất phải di chuyển thành một vòng tròn.

Vì vậy Einstein đã đưa đến cách hiểu rằng hấp dẫn giống như một tấm vải hơn là một lực vô hình đã tác động tức thời trong khắp vũ trụ. Nếu một ai đó lắc nhanh tấm vải này, các sóng hình thành và di chuyển dọc theo bề mặt với một tốc độ xác định. Điều này giải quyết nghịch lý về mặt trời đang biến mất. Nếu lực hấp dẫn là một sản phẩm phụ của sự uốn cong của bản thân cơ cấu không-thời gian, thì sự biến mất của Mặt Trời có thể được ví như sự nhấc quả bóng bowling đột ngột lên khỏi cái giường. Khi cái giường phồng lên trở lại hình dạng ban đầu của nó, các sóng truyền xuống tấm khăn trải giường lan truyền với một tốc độ xác định. Vì thế, bằng cách biến đổi hấp dẫn thành sự uốn cong của không gian và thời gian, Einstein đã có thể làm cho hấp dẫn và thuyết tương đối tương thích với nhau.

Hãy tưởng tượng một con kiến đang cố gắng để đi ngang qua một tờ giấy bị vò nhàu. Nó sẽ đi như một gã thủy thủ say rượu, lảo đảo hết ngả sang trái lại nghiêng sang phải, khi nó cố gắng đi qua một địa hình gấp nếp. Con kiến này sẽ bảo rằng nó không say rượu, mà là một lực bí ẩn đang kéo mạnh nó, lôi kéo nó lúc thì sang trái, lúc thì sang phải. Đối với con kiến này, không gian trống rỗng chứa đầy các lực bí ẩn ngăn không cho nó đi trên một đường thẳng. Tuy nhiên, nhìn vào con kiến này ở một khoảng cách gần, chúng ta thấy rằng không có một lực nào đang kéo nó. Nó chỉ bị đẩy bởi các nếp gấp của tờ giấy bị vò nhàu. Các lực tác động lên con kiến là một ảo giác do sự uốn cong của bản thân không gian gây ra. "Sức kéo" của lực này trên thực tế là "sức đẩy" được tạo ra khi nó đi trên một nếp gấp của tờ giấy. Nói cách khác, không phải hấp dẫn kéo; mà là không gian đẩy.

Vào năm 1915, cuối cùng thì Einstein đã có thể hoàn thành cái mà ông gọi là thuyết tương đối rộng, kể từ đó trở đi nó đã trở thành trụ cột của vũ trụ học. Trong bức tranh mới đáng ngạc nhiên này, hấp dẫn không phải là một lực độc lập lấp đầy vũ trụ, mà là tác động biểu kiến của sự uốn cong "thớ vải" không-thời gian. Thuyết này mạnh tới mức ông có thể tóm tắt nó trong một phương trình dài khoảng 2,5 cm. Trong lý thuyết mới xuất sắc này, mức độ uốn cong của không gian và thời gian được xác định bằng lượng vật chất và năng lượng mà nó chứa. Hãy hình dung bạn ném một hòn đá vào cái ao, va chạm này tạo ra một loạt các gợn sóng lăn tăn lan tỏa. Hòn đá càng lớn thì sự uốn cong của bề mặt ao càng nhiều. Tương tự, ngôi sao càng lớn thì sự uốn cong của không-thời gian xung quanh ngôi sao đó càng nhiều.

SỰ RA ĐỜI CỦA VŨ TRỤ HỌC

Einstein đã cố gắng sử dụng hình ảnh này để miêu tả vũ trụ như một tổng thể. Ông không lường trước được rằng mình sẽ phải đối mặt với nghịch lý Bentley, được phát biểu từ nhiều thế kỷ trước đó. Trong thập niên 1920, hầu hết các nhà thiên văn tin rằng vũ trụ là đồng nhất và tĩnh tại. Vì vậy, Einstein đã bắt đầu bằng giả định rằng vũ trụ đã được bụi và các ngôi sao choán chỗ một cách đồng nhất. Về mô hình, vũ trụ có thể so sánh với một quả bóng bay hoặc một bong bóng lớn. Chúng ta sống trên bề mặt của bong bóng này. Các ngôi sao và các thiên hà mà chúng ta thấy xung quanh chúng ta có thể được ví với các chấm được vẽ trên bề mặt quả bóng này.

Bất ngờ đối với ông là bất cứ khi nào ông tìm cách giải các phương trình của mình, ông đều nhận thấy rằng vũ trụ đã trở nên động. Einstein đã đối mặt với chính vấn đề đã được Bentley nhận ra hơn 200 năm trước. Vì hấp dẫn luôn luôn là lực hút mà không bao giờ là lực đẩy, nên một tập hợp hữu hạn các ngôi sao sẽ suy sụp (co mạnh) thành một biến động khủng khiếp. Tuy nhiên, điều này mâu thuẫn với quan niệm thịnh hành đầu thế kỷ 20 rằng vũ trụ là tĩnh và đồng nhất.

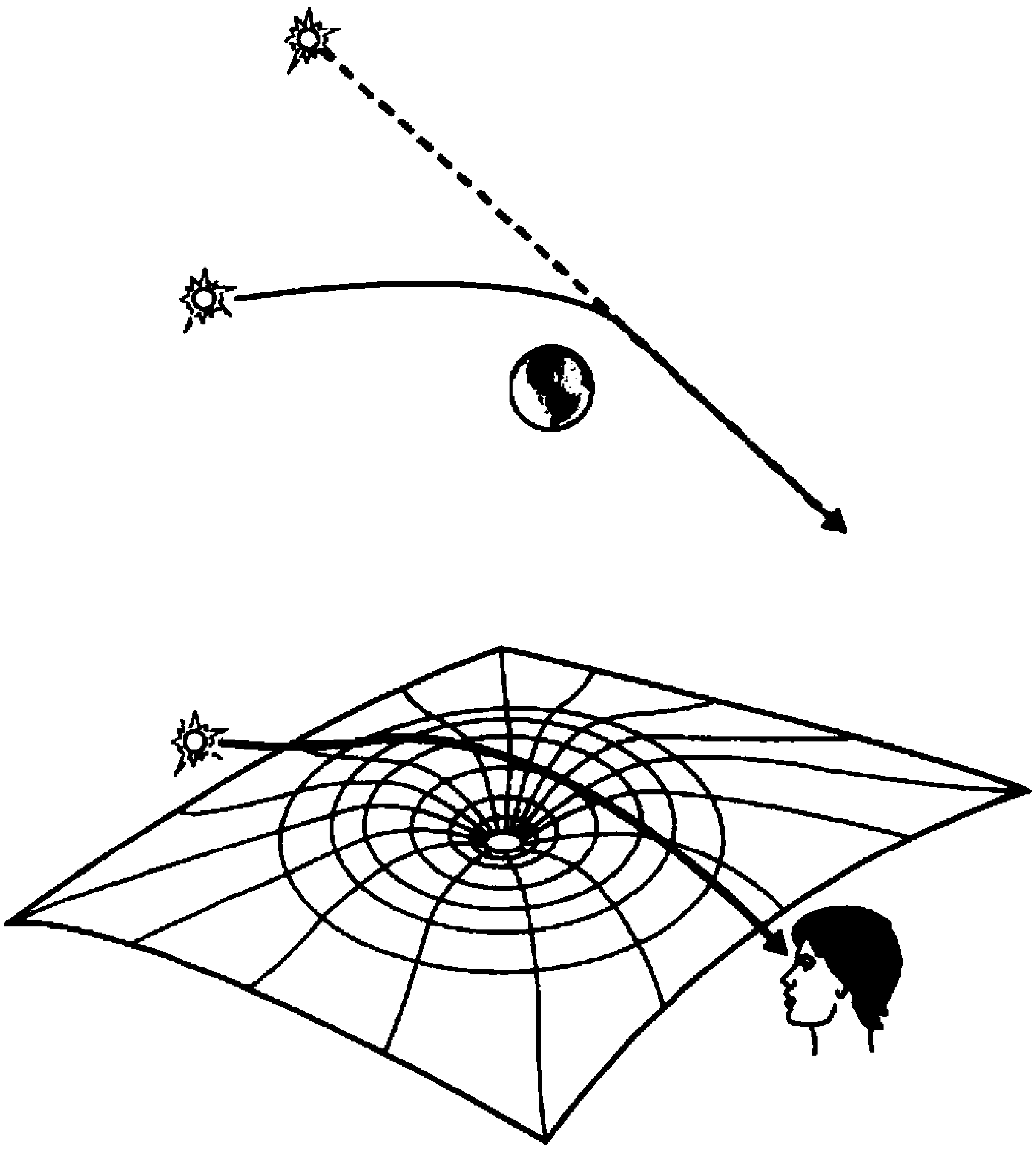
Cho dù là người có ý tưởng cách tân mạnh mẽ, Einstein cũng không thể tin rằng vũ trụ lại có thể luôn luôn động. Giống như Newton và vô số những người khác, Einstein tin vào một vũ trụ tĩnh. Vì vậy, vào năm 1917, Einstein đã buộc phải đưa một số hạng mới vào các phương trình của ông, một "hệ số gọt chân cho vừa giày" nhằm tạo ra một lực mới trong thuyết của ông, loại lực "phản hấp dẫn" đẩy các ngôi sao ra xa. Einstein gọi số hạng này là "hằng số vũ trụ", một "chú vịt con xấu xí"(1) có vẻ giống như một ý nghĩ muộn màng ghép nối vào lý thuyết của ông. Einstein đã tùy tiện chọn lực phản hấp dẫn này để triệt tiêu sức hút của lực hấp dẫn nhằm tạo ra một vũ trụ tĩnh. Nói cách khác, vũ trụ đã bị cưỡng chế để trở thành tĩnh: sự co lại của vũ trụ vào bên trong do lực hấp dẫn đã bị triệt tiêu bởi lực hướng ra ngoài của năng lượng tối. (Trong bảy mươi năm, lực phản hấp dẫn này đã bị lãng quên, cho tới khi có các phát hiện trong ít năm gần đây.)

Năm 1917, nhà vật lý Hà Lan Willem de Sitter đưa ra một giải pháp khác cho thuyết của Einstein, trong đó vũ trụ là vô hạn nhưng hoàn toàn không có bất kỳ vật chất nào; tức là nó chỉ bao gồm năng lượng chứa đựng trong chân không, gọi là hằng số vũ trụ. Lực phản hấp dẫn thuần túy này đủ để sinh ra một sự dãn nở nhanh, theo cấp số mũ của vũ trụ. Thậm chí không cần có vật chất, năng lượng tối này vẫn có thể tạo ra một vũ trụ đang dãn nở.

Các nhà vật lý bây giờ đã phải đối mặt với tình thế tiến thoái lưỡng nan. Vũ trụ của Einstein có vật chất, nhưng không chuyển động. Còn vũ trụ của de Sitter có chuyển động, nhưng không có vật chất. Trong vũ trụ của Einstein, hằng số vũ trụ là cần thiết để trung hòa sức hút của hấp dẫn và tạo ra một vũ trụ tĩnh. Trong vũ trụ của de Sitter, chỉ riêng hằng số vũ trụ cũng đủ để tạo ra một vũ trụ dãn nở.

---

(1) Lấy tích trong truyện cổ Andersen: vịt con xấu xí trở thành thiên nga, ngụ ý một người hoặc vật thoạt đầu tưởng vô tích sự nhưng hóa ra lại đắc lực, có ích.



Năm 1919, hai nhóm đã xác nhận dự đoán của Einstein rằng ánh sáng từ một ngôi sao xa xăm sẽ bị cong khi đi ngang qua Mặt Trời. Do đó, vị trí của ngôi sao có vẻ như sẽ dịch chuyển khỏi vị trí bình thường của nó khi có sự hiện diện của Mặt Trời. Điều này xảy ra là do Mặt Trời đã bẻ cong không-thời gian xung quanh mình. Vậy nên, lực hấp dẫn không "kéo" vào. Thay vào đó, không gian "đẩy" ra.

Cuối cùng, vào năm 1919, khi châu Âu đang cố gắng thoát ra khỏi đống đổ nát và sự chém giết của Thế chiến lần thứ nhất, các nhóm nhà thiên văn đã được cử đi khắp thế giới để kiểm tra thuyết mới của Einstein. Einstein trước đó đã đề xuất rằng độ cong của không-thời gian do Mặt Trời gây ra sẽ đủ để bẻ cong ánh sáng sao đi qua vùng lân cận của nó. Ánh sáng sao sẽ uốn cong quanh Mặt Trời theo một cách thức chính xác, có thể tính được, tương tự như cách thức mà tấm kính bẻ cong ánh sáng(1). Nhưng vì độ chói của ánh sáng Mặt Trời che át bất kỳ ngôi sao nào vào ban ngày, nên các nhà khoa học sẽ phải chờ một dịp nhật thực để tiến hành thực nghiệm quyết định này.

---

(1) Ý nói hiện tượng khúc xạ.

Một nhóm do nhà vật lý thiên văn người Anh Arthur Eddington dẫn đầu lên tàu thủy tới đảo Principe ở vịnh Guinea ngoài khơi bờ biển Tây Phi để ghi nhận sự uốn cong của ánh sáng sao quanh Mặt Trời trong thời gian nhật thực. Một nhóm khác, do Andrew Crommelin chỉ huy, rong ruổi đường biển tới Sobral ở miền Bắc Brazil. Các dữ liệu mà họ thu thập được ghi nhận một độ lệch trung bình của ánh sáng sao là 1,79 giây cung, xác nhận dự đoán của Einstein là 1,74 giây cung (trong phạm vi cho phép của sai số thí nghiệm). Nói cách khác, ánh sáng đã uốn cong khi tới gần Mặt Trời. Eddington sau đó nói rằng việc kiểm tra thuyết của Einstein là thời điểm khó quên nhất trong cuộc đời ông.

Ngày 6 tháng 11 năm 1919, tại kỳ họp chung của Hội [Khoa học] Hoàng gia và Hội Thiên văn Hoàng gia ở London, người đoạt giải Nobel kiêm chủ tịch Hội Hoàng gia J. J. Thompson đã long trọng phát biểu rằng đây là "một trong những thành tựu lớn nhất trong lịch sử tư duy của loài người. Đây không phải là sự phát hiện ra một hòn đảo xa xôi hẻo lánh mà là sự phát hiện ra cả một châu lục của những ý tưởng khoa học mới. Nó là phát hiện vĩ đại nhất về trường hấp dẫn kể từ khi Newton đề ra các nguyên lý của ông."*

(Nghe nói sau đó một phóng viên đã phỏng vấn Eddington: "Người ta đồn rằng chỉ có ba người trên toàn thế giới hiểu được thuyết của Einstein. Ông chắc là một trong số họ." Eddington im lặng, thấy thế phóng viên này nói tiếp: "Đừng khiêm tốn thế, Eddington." Eddington nhún vai và nói: "Không đâu. Tôi đang tự hỏi xem ai có thể là người thứ ba."*)

Ngày hôm sau, nhật báo *Times* tại London chạy tiêu đề: "Cách mạng trong khoa học - Học thuyết mới về vũ trụ - Các ý tưởng của Newton đã bị lật đổ". Tiêu đề này đã đánh dấu khoảnh khắc Einstein trở thành nhân vật nổi tiếng thế giới, một sứ giả từ các vì sao.

Thông báo này là quá tuyệt vời, và sự chuyển hướng của Einstein ra khỏi Newton triệt để tới mức nó cũng đã gây ra một phản ứng dữ dội, cũng như sự chia rẽ vì có các nhà vật lý và thiên văn nổi tiếng đã phản đối thuyết này. Tại Đại học Columbia, Charles Lane Poor, một giáo sư về cơ học thiên thể, người dẫn đầu phe chỉ trích thuyết tương đối, phát biểu: "Tôi cảm giác như thể mình đang thả bộ cùng Alice trong xứ sở thần tiên và uống trà với Mad Hatter(1)"*.

Lý do mà thuyết tương đối trái với lẽ phải thông thường của chúng ta không phải là vì thuyết này sai lầm, mà vì lẽ phải thông thường của chúng ta không hình dung đúng thực tại. *Chúng ta* là những kẻ kỳ quặc trong vũ trụ. Chúng ta sống trong một chốn cư ngụ bất thường, nơi mà nhiệt độ, mật độ và vận tốc đều rất vừa phải. Tuy nhiên, trong "vũ trụ thực sự", các nhiệt độ có thể vô cùng nóng ở tâm của các ngôi sao, hay cực kỳ lạnh giá trong khoảng không bên ngoài, và các hạt hạ nguyên tử, đang bay vèo vèo trong không gian, thường xuyên di chuyển với tốc độ gần với tốc độ ánh sáng. Nói cách khác, lẽ phải thông thường của chúng ta đã phát triển trong một nơi cực kỳ bất thường và mờ mịt của vũ trụ là Trái Đất; nên không có gì đáng ngạc nhiên là lẽ phải thông thường của chúng ta không hiểu được vũ trụ thật sự. Vấn đề không nằm ở thuyết tương đối mà nằm ở giả định rằng lẽ phải thông thường của chúng ta hình dung đúng với thực tại.

TƯƠNG LAI CỦA VŨ TRỤ

Mặc dù thuyết của Einstein đã thành công trong việc giải thích các hiện tượng thiên văn như sự uốn cong của ánh sáng sao quanh Mặt Trời và sự lắc lư nhẹ của quỹ đạo sao Thủy (hành tinh của Mặt Trời), nhưng các dự đoán vũ trụ học của nó vẫn gây lúng túng. Các vấn đề này chủ yếu đã được nhà vật lý Nga là Aleksandr Friedmann làm sáng tỏ, ông đã tìm thấy những lời giải hiện thực và tổng quát nhất cho các phương trình của Einstein. Ngay cả ngày nay, những lời giải này vẫn còn được giảng dạy trong mọi khóa học về thuyết tương đối rộng ở bậc

---

1. Gã bán mũ điên khùng, nhân vật trong truyện *Alice ở xứ sở thần tiên*.

học đại học (Friedmann đã phát hiện ra chúng vào năm 1922, nhưng ông qua đời năm 1925, và công trình của ông phần lớn đã bị lãng quên trong nhiều năm).

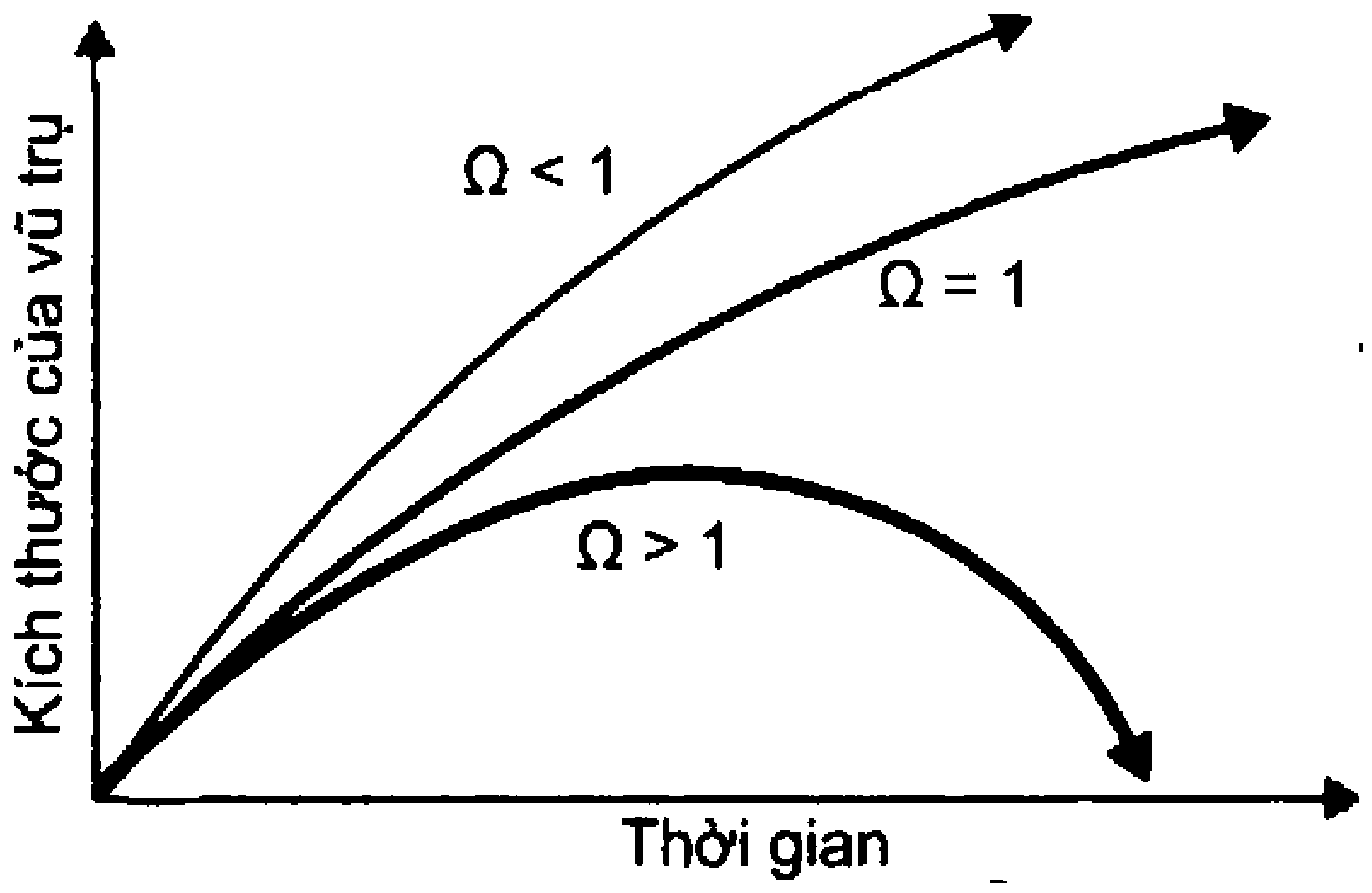
Bình thường, thuyết của Einstein bao gồm một loạt các phương trình cực kỳ khó, thường đòi hỏi phải có máy tính để giải. Tuy nhiên, Friedmann đã giả định rằng vũ trụ là động và sau đó chấp nhận hai giả định đơn giản hóa (được gọi là nguyên lý vũ trụ học): vũ trụ là đẳng hướng (nó giống hệt nhau bất kể chúng ta nhìn vào đâu từ một điểm cho trước), và vũ trụ là đồng nhất (nó giống hệt nhau bất kể bạn đi tới đâu trong vũ trụ).

Với hai giả định đơn giản hóa này, chúng ta thấy rằng các phương trình nói trên được thu gọn hẳn lại. (Trên thực tế, cả hai giải pháp của Einstein và de Sitter chỉ là các trường hợp đặc biệt của giải pháp tổng quát hơn của Friedmann.) Đáng chú ý, các giải pháp của ông chỉ phụ thuộc vào ba tham số:

1. *H*, tham số xác định tốc độ dãn nở của vũ trụ. (Ngày nay, tham số này được gọi là hằng số Hubble, đặt theo tên nhà thiên văn học đã đo được sự dãn nở của vũ trụ.)
2. *Omega* (Ω), tham số đo mật độ trung bình của vật chất trong vũ trụ.
3. *Lambda* (λ), năng lượng gắn với không gian trống rỗng, hay năng lượng tối.

Nhiều nhà vũ trụ học đã dành toàn bộ sự nghiệp chuyên môn của mình để cố thiết lập một cách chắc chắn giá trị chính xác của ba con số này. Tương tác tinh tế giữa ba hằng số này xác định sự phát triển trong tương lai của toàn thể vũ trụ. Chẳng hạn, vì hấp dẫn là hút, nên mật độ vũ trụ omega tác động như một loại phanh làm chậm sự dãn nở của vũ trụ, đảo ngược một số tác động của tốc độ dãn nở của vụ nổ lớn. Hãy hình dung bạn ném một viên đá vào trong không trung. Bình thường, hấp dẫn là đủ mạnh để đảo ngược hướng chuyển động của viên đá, khiến sau đó nó rơi trở lại Trái Đất. Tuy nhiên, nếu người ta ném viên đá đủ nhanh, thì nó có thể thoát khỏi sức hút của Trái Đất và vĩnh viễn bay vào khoảng không vũ trụ. Giống như một viên đá, vũ trụ ban đầu đã dãn nở vì vụ nổ lớn, nhưng vật chất, hay omega, hoạt động như một cái phanh hãm sự dãn nở của vũ trụ lại, giống như cách mà lực hấp dẫn của Trái Đất đã tác động như một cái phanh đối với viên đá.

Hiện giờ, chúng ta hãy giả định rằng lambda, năng lượng gắn liền với không gian trống rỗng, là bằng 0. Giả sử omega là mật độ vũ trụ chia cho mật độ tới hạn. (Mật độ tới hạn của vũ trụ là khoảng 10 nguyên tử hyđrô mỗi mét khối. Để đánh giá vũ trụ trống rỗng đến mức nào, mật độ tới hạn của vũ trụ tương ứng với việc tìm được trung bình một nguyên tử hyđrô độc nhất trong thể tích của ba quả bóng rổ.)

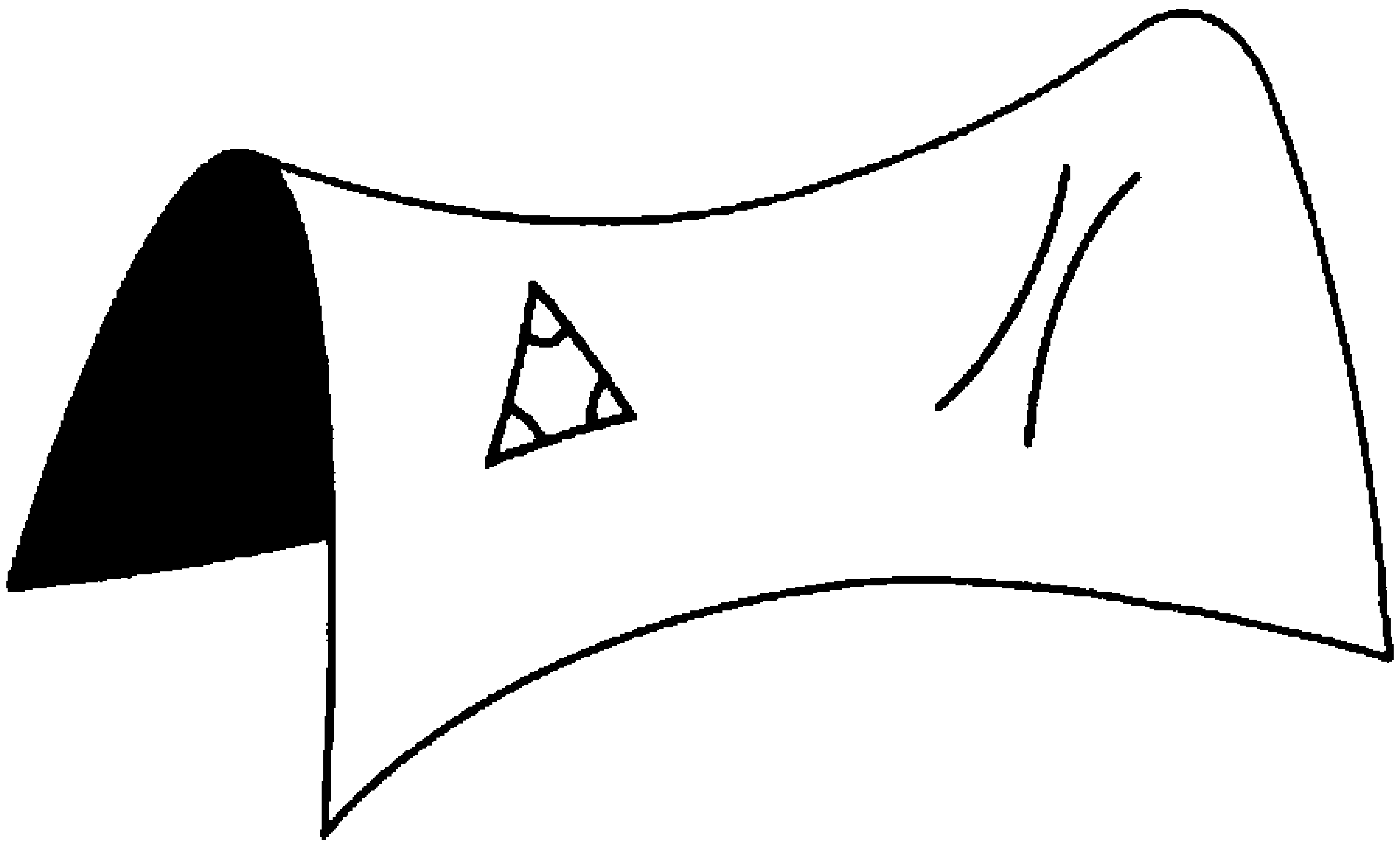


Sự phát triển của vũ trụ có ba phương án có thể có. Nếu omega nhỏ hơn 1 (và lambda bằng 0), vũ trụ sẽ dãn nở mãi mãi thành vụ đóng băng lớn. Nếu omega lớn hơn 1, vũ trụ sẽ suy sụp (co mạnh) trở lại thành vụ co lớn. Nếu omega bằng 1, thì vũ trụ là phẳng và sẽ dãn nở mãi mãi. (Các dữ liệu của vệ tinh WMAP chỉ ra rằng omega cộng lambda bằng 1, nghĩa là vũ trụ là phẳng. Điều này phù hợp với thuyết lạm phát.)

Nếu omega nhỏ hơn 1, các nhà khoa học kết luận rằng vũ trụ không đủ vật chất để đảo ngược sự dãn nở ban đầu từ vụ nổ lớn. (Giống như việc ném viên đá vào không trung, nếu khối lượng Trái Đất không đủ lớn, viên đá cuối cùng sẽ rời khỏi Trái Đất.) Kết quả là vũ trụ sẽ dãn nở mãi mãi, cuối cùng nhấn chìm vũ trụ vào một vụ đóng băng lớn cho đến khi nhiệt độ đạt tới gần độ không tuyệt đối. (Đây là nguyên lý đằng sau một tủ lạnh hoặc một máy điều hòa không khí*. Khi khí dãn nở, nó lạnh đi.

Chẳng hạn, trong chiếc máy điều hòa không khí của bạn, khí luân chuyển trong đường ống dãn nở, do đó nó làm lạnh đường ống và căn phòng của bạn.)

Nếu omega lớn hơn 1, thì có đủ vật chất và lực hấp dẫn trong vũ trụ để cuối cùng đảo ngược sự dãn nở vũ trụ. Kết quả là sự dãn nở của vũ trụ sẽ ngừng lại, và vũ trụ sẽ bắt đầu co lại. (Giống như việc ném một viên đá vào không trung, nếu khối lượng Trái Đất đủ lớn, viên đá cuối cùng sẽ đạt tới độ cao cực đại rồi rơi ngược trở về Trái Đất.) Nhiệt độ sẽ bắt đầu tăng cao, khi những ngôi sao và các thiên hà vội vã lao vào nhau. (Bất cứ ai đã từng bơm một chiếc lốp xe đạp đều biết rằng sự nén khí sinh ra nhiệt. Công cơ học của không khí đang bơm vào được chuyển thành nhiệt năng. Cũng theo cách ấy, sự co nén của vũ trụ chuyển đổi năng lượng hấp dẫn thành nhiệt năng.) Cuối cùng, nhiệt độ sẽ trở nên quá nóng tới mức mọi dạng sự sống sẽ bị tiêu diệt, khi vũ trụ quay đầu hướng về một "vụ co lớn" rực lửa. (Nhà thiên văn Ken Croswell đặt tên cho quá trình này là "từ Sáng thế tới Hỏa táng".)



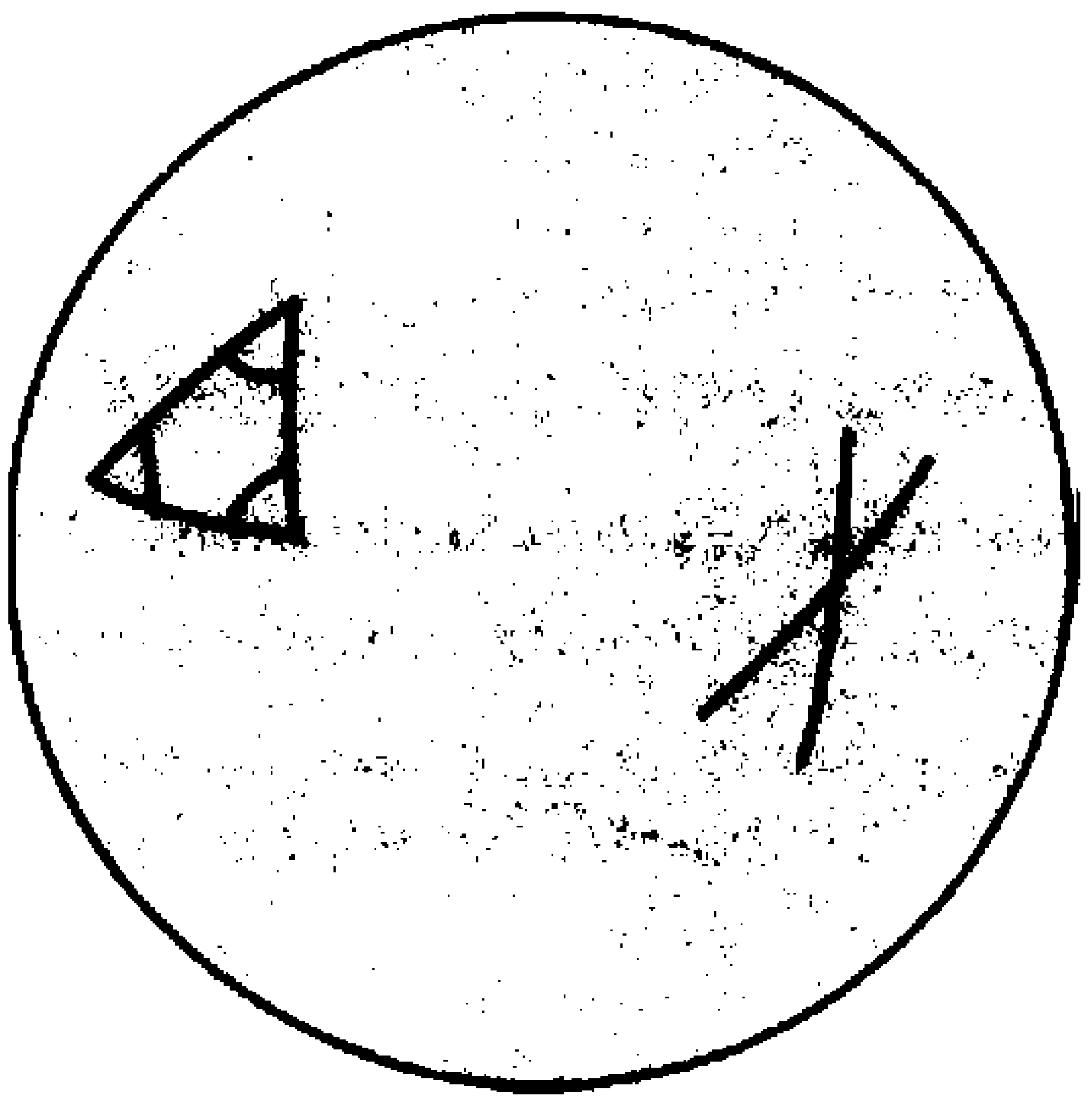
Nếu omega nhỏ hơn 1 (và lambda bằng 0), thì vũ trụ là mở và độ cong của nó là âm, giống như trong một cái yên ngựa. Các đường song song không bao giờ gặp nhau, và các góc trong của một tam giác có tổng nhỏ hơn 180 độ.

Khả năng thứ ba là omega quanh quẩn ở 1; nói cách khác, mật độ vũ trụ bằng mật độ tới hạn. Trong trường hợp đó vũ trụ lơ lửng giữa hai thái cực nhưng vẫn sẽ dãn nở mãi mãi. (Bức tranh lạm phát nghiêng về kịch bản này, như chúng ta sẽ thấy.)

Và cuối cùng, có khả năng là vũ trụ, do hậu quả của vụ co lớn, có thể tái xuất hiện trong một vụ nổ lớn mới. Thuyết này được gọi là vũ trụ dao động.

Friedmann đã chỉ ra rằng mỗi kịch bản này, đến lượt nó, lại xác định độ cong của không-thời gian. Nếu omega nhỏ hơn 1 và vũ trụ dãn nở mãi mãi, như Friedmann đã chỉ ra, không chỉ thời gian là vô hạn, mà không gian cũng vô hạn. Vũ trụ này được gọi là "mở", nghĩa là vô hạn cả về không gian lẫn thời gian. Khi Friedmann tính toán độ cong của vũ trụ này, ông đã tìm ra nó là âm. (Điều này cũng giống như bề mặt của một cái yên ngựa hay một cái kèn trompet. Nếu một con rệp sống trên bề mặt của bề mặt này, nó sẽ thấy rằng các đường song song không bao giờ gặp nhau, và các góc trong của một tam giác có tổng nhỏ hơn 180 độ.)

Nếu omega lớn hơn 1, thì vũ trụ cuối cùng sẽ co lại thành một vụ co lớn. Thời gian và không gian là hữu hạn. Friedmann thấy rằng độ cong của vũ trụ này là dương (giống như một khối cầu). Cuối cùng, nếu omega bằng 1, thì không gian là phẳng và cả thời gian lẫn không gian là vô tận.



Nếu omega lớn hơn 1, thì vũ trụ là đóng và độ cong của nó là dương, như trong một khối cầu. Các đường song song luôn luôn gặp nhau, và các góc của một tam giác có tổng lớn hơn 180 độ.

Friedmann không chỉ cung cấp cách tiếp cận toàn diện đầu tiên đối với các phương trình vũ trụ học của Einstein, mà ông cũng đã đưa ra phỏng đoán hiện thực nhất về ngày Tận thế, hay số phận cuối cùng của vũ trụ - hoặc nó sẽ tàn lụi trong một vụ đóng băng lớn, hoặc bị chiên giòn trong một vụ co lớn, hoặc dao động mãi mãi. Câu trả lời tùy thuộc vào các tham số quan trọng: mật độ vũ trụ và năng lượng của chân không.

Nhưng bức tranh của Friedmann để lại một chỗ trống. Nếu vũ trụ đang dãn nở, thì có nghĩa là có thể nó đã có một khởi đầu. Thuyết của Einstein không nói gì về thời khắc khởi đầu này. Những gì bị bỏ qua là thời điểm Sáng thế, hay vụ nổ lớn. Và sẽ có ba nhà khoa học cho chúng ta một hình ảnh hấp dẫn nhất của vụ nổ lớn.

CHƯƠNG BA

VỤ NỔ LỚN

> Vũ trụ không chỉ lạ lùng hơn so với điều chúng ta tưởng, nó còn lạ lùng hơn so với điều chúng ta có thể tưởng.
>
> - J. B. S. Haldane

> Những gì loài người chúng ta đang tìm kiếm trong câu chuyện Sáng thế là cách thức trải nghiệm thế giới, cái thế giới sẽ mở ra cho chúng ta tính siêu nghiệm, thông báo cho chúng ta và đồng thời hình thành bản thân chúng ta trong nó. Đó là những gì con người muốn, những gì tâm hồn con người đòi hỏi.
>
> - Joseph Campbell

Trang bìa tạp chí Mỹ *Time* số ra ngày 6 tháng 3 năm 1995 có đăng ảnh của thiên hà xoắn ốc lớn M100, với khẳng định "Vũ trụ học rơi vào hỗn loạn." Vũ trụ học đã bị ném vào chỗ lộn xộn vì các dữ liệu mới nhất từ kính viễn vọng không gian Hubble dường như chỉ ra rằng vũ trụ trẻ hơn so với ngôi sao già nhất của nó, một điều không thể xảy ra xét về mặt khoa học. Các dữ liệu này cho thấy rằng vũ trụ nằm trong khoảng từ 8 tới 12 tỉ năm tuổi, trong khi một số người tin rằng ngôi sao già nhất có thể tới 14 tỉ năm tuổi. "Bạn không thể già hơn mẹ của mình", Christopher Impey từ Đại học Arizona nói giọng hài hước.

Nhưng một khi bạn đang đọc bản in đẹp đẽ này, bạn nhận ra rằng thuyết vụ nổ lớn là khá vững chắc. Bằng chứng bác bỏ thuyết vụ nổ lớn đã dựa trên một thiên hà duy nhất là M100, đó là một cách thực hiện khoa học rất đáng ngờ. Các lỗ hổng, như bài báo thừa nhận, là "đủ lớn để lái chiếc Starship Enterprise(1) bay qua". Dựa trên dữ liệu thô của kính viễn vọng không gian Hubble, tuổi của vũ trụ không thể được tính với độ chính xác cao hơn từ 10 tới 20%.

---

(1) Tên của một loại tàu không gian giả tưởng bay giữa các vì sao hay giữa các thiên hà, xuất hiện trong bộ phim *Star Trek* (Du hành tới các vì sao).

Quan điểm của tôi là thuyết vụ nổ lớn không dựa trên sự suy đoán suông, mà là trên hàng trăm điểm dữ liệu được lấy từ các nguồn khác nhau, mỗi điểm dữ liệu này đều hội tụ để củng cố một lý thuyết tự nhất quán duy nhất. (Trong khoa học, không phải mọi thuyết đều được tạo ra như nhau. Trong khi bất cứ ai đều có thể tự do đề xuất phương án của chính họ về sự sáng tạo ra vũ trụ, thì yêu cầu là nó phải giải thích được hàng trăm điểm dữ liệu mà chúng ta đã thu thập được phù hợp với thuyết vụ nổ lớn.)

Ba "bằng chứng" lớn của thuyết vụ nổ lớn dựa trên công trình của ba nhà khoa học xuất chúng, những người đã chi phối các lĩnh vực tương ứng của họ: Edwin Hubble, George Gamow, và Fred Hoyle.

EDWIN HUBBLE: NHÀ THIÊN VĂN QUÝ TỘC

Trong khi nền tảng lý thuyết của vũ trụ học đã được Einstein đề ra thì vũ trụ học quan sát hiện đại hầu như được một tay Edwin Hubble tạo ra, người có lẽ là nhà thiên văn quan trọng nhất của thế kỷ 20.

Sinh năm 1889 tại một vùng xa xôi hẻo lánh ở Marshfield, bang Missouri (Hoa Kỳ), Hubble là một cậu bé nhà quê nhún nhường nhưng ấp ủ đầy hoài bão. Cha ông, một luật sư và đại lý bảo hiểm, đã thúc giục ông theo đuổi công danh trong lĩnh vực luật pháp. Tuy nhiên, Hubble lại bị những cuốn sách của Jules Verne[1] mê hoặc và những ngôi sao bỏ bùa mê. Ông ngấu nghiến đọc các tác phẩm kinh điển của khoa học giả tưởng như *Twenty Thousand Leagues Under the Sea* (Hai vạn dặm dưới đáy biển) và *From the Earth to the Moon* (Từ Trái Đất đến Mặt Trăng). Ông cũng là một võ sĩ quyền Anh đầy tài năng; những người bảo trợ muốn ông chuyển sang chuyên nghiệp và thi đấu với nhà vô địch hạng nặng thế giới là Jack Johnson.

---

[1] Jules Verne (1828-1905): nhà văn Pháp chuyên viết truyện khoa học giả tưởng.

Ông đã giành được một suất học bổng Rhodes uy tín để học luật tại Oxford, nơi ông bắt đầu chấp nhận các lề thói cầu kỳ của tầng lớp thượng lưu Anh. (Ông bắt đầu mặc các bộ com lê vải tuýt, hút tẩu, học nói giọng kiểu Anh đặc trưng và nói về những vết sẹo đấu kiếm tay đôi của mình, mà người ta đồn là tự ông gây ra.)

Tuy nhiên, Hubble đã không thấy vui sướng. Điều thực sự thúc đẩy ông không phải là các vụ kiện hay bộ đồ luật sư, mà là tình yêu lãng mạn của ông dành cho các vì sao, một tình yêu đã nảy sinh khi ông còn là một đứa trẻ. Ông đã dũng cảm thay đổi nghề nghiệp, chuyển sang Đại học Chicago và Đài quan sát tại núi Wilson ở bang California, là nơi khi đó có kính viễn vọng lớn nhất Trái Đất với gương phản chiếu 2,5 m. Bắt đầu sự nghiệp muộn như vậy, nên Hubble là người vội vã. Để giành lại thời gian đã mất, ông đã nhanh chóng đặt ra nhiệm vụ giải đáp một số điều bí ẩn khó hiểu nhất và lâu dài nhất trong thiên văn học.

Vào thập niên 1920, vũ trụ là một nơi thoải mái, nhiều người tin rằng toàn thể vũ trụ chỉ bao gồm một thiên hà là Ngân Hà của chúng ta, một dải sáng mờ mờ cắt ngang bầu trời đêm giống như sữa đổ ra (quả thật, từ "galaxy" ["thiên hà" trong tiếng Anh] xuất phát từ tiếng Hy Lạp để chỉ sữa). Năm 1920, một cuộc "tranh luận lớn" đã diễn ra giữa hai nhà thiên văn Harlow Shapley của Đại học Harvard và Heber Curtis của đài thiên văn Lick. Với tiêu đề "Quy mô của vũ trụ", nó liên quan tới kích thước của Ngân Hà và của chính vũ trụ. Shapley giữ quan điểm cho rằng Ngân Hà hợp thành toàn thể vũ trụ nhìn thấy. Curtis thì tin rằng phía ngoài Ngân Hà là các "tinh vân xoắn ốc", thứ dải mờ xoáy kỳ lạ nhưng tuyệt đẹp. (Từ thế kỷ 18, nhà triết học Immanuel Kant đã suy đoán rằng các tinh vân này là "những vũ trụ dạng đảo".)

Cuộc tranh luận này đã kích thích trí tò mò của Hubble. Vấn đề then chốt là việc xác định khoảng cách đến các ngôi sao là (và vẫn là) một trong những nhiệm vụ khó khăn tột bậc trong thiên văn học. Một ngôi sao sáng ở rất xa trông có thể chẳng khác gì một ngôi sao mờ ở gần. Sự lẫn lộn này là nguồn gốc của nhiều tranh cãi lớn gay gắt trong thiên văn học. Để giải quyết vấn đề này, Hubble cần một ngọn "nến chuẩn", nghĩa là một vật thể phát ra một lượng ánh sáng như nhau tại bất kỳ đâu trong vũ trụ. (Trên thực tế, một phần lớn nỗ lực trong vũ trụ học cho tới nay nhằm cố gắng tìm và định thang độ cho những cây nến chuẩn như vậy. Nhiều cuộc tranh luận lớn trong thiên văn học tập trung quanh mức độ tin cậy đến đâu của những cây nến chuẩn này. Nếu người ta đã có một cây nến chuẩn sáng đồng nhất với một cường độ như nhau trong khắp vũ trụ, thì một ngôi sao mờ hơn mức bình thường bốn lần đơn giản sẽ ở xa Trái Đất gấp hai lần ngôi sao có mức sáng bình thường.

Một đêm, khi phân tích một bức ảnh của tinh vân xoắn ốc Tiên Nữ (Andromeda), Hubble đã có một khoảnh khắc "ơ-rê-ca" ("tìm ra rồi"). Những gì ông tìm thấy trong tinh vân Tiên Nữ là một kiểu sao biến quang (gọi là sao biến quang Cepheid[1]) đã được Henrietta Leavitt nghiên cứu. Người ta đã biết rằng ngôi sao này đã sáng lên và mờ đi đều đặn theo thời gian, và thời gian để hoàn thành một chu kỳ trọn vẹn tương quan với độ sáng của nó. Ngôi sao càng sáng thì chu kỳ phát xung của nó càng dài. Vì thế, bằng cách đơn giản là đo độ dài của chu kỳ này, người ta có thể định thang độ cho độ sáng của sao và xác định được khoảng cách đến nó. Hubble thấy rằng nó có chu kỳ 31,4 ngày, mà chuyển đổi sang khoảng cáchthì thật quá ngạc nhiên đối với ông, đó là một triệu năm ánh sáng, nghĩa là nó ở rất xa bên ngoài Ngân Hà (đĩa sáng của Ngân Hà có đường kính chỉ 100.000 năm ánh sáng. Các tính toán sau này sẽ cho thấy Hubble đã ước tính hơi thấp khoảng cách tới tinh vân Tiên Nữ, thực tế nó cách xa tới gần 2 triệu năm ánh sáng).

Khi thực hiện thí nghiệm tương tự với các tinh vân xoắn ốc khác, Hubble đã thấy rằng chúng cũng nằm ngoài Ngân Hà khá xa. Nói cách khác, điều rõ ràng đối với ông là các tinh vân xoắn ốc này là những vũ trụ biệt lập hoàn toàn theo đúng nghĩa của nó và Ngân Hà chỉ là một thiên hà trong bầu trời của các thiên hà.

---

[1] Một lớp sao biến quang có chu kỳ sáng tỉ lệ thuận với độ sáng (thuật ngữ thiên văn gọi là độ trưng), gọi theo tên sao điển hình của lớp là delta Cephei thuộc chòm Tiên Vương (Cepheid nghĩa là dạng [delta] Cephei).

Thoáng chốc, kích thước của vũ trụ đã trở nên rộng lớn hơn rất nhiều. Từ một thiên hà duy nhất, vũ trụ đã đột nhiên chứa đựng hàng triệu, có lẽ là hàng tỉ, thiên hà chị em. Từ một vũ trụ chỉ trải ra trong phạm vi 100.000 năm ánh sáng, vũ trụ đã đột nhiên vươn ra có lẽ là hàng tỉ năm ánh sáng.

Chỉ một phát hiện đó đã bảo đảm cho Hubble một vị trí trong ngôi đền danh giá của các nhà thiên văn. Nhưng ông đã vượt qua cả phát hiện đó. Ông không chỉ quyết tâm tìm được khoảng cách đến các thiên hà, mà ông còn muốn tính toán xem chúng di chuyển nhanh như thế nào nữa.

HIỆU ỨNG DOPPLER VÀ VŨ TRỤ DÃN NỞ

Hubble đã biết rằng cách đơn giản nhất để tính toán tốc độ của các vật thể ở xa là phân tích sự thay đổi âm thanh hay ánh sáng mà chúng phát ra, được gọi là hiệu ứng Doppler. Những chiếc ô tô tạo ra âm thanh này khi chúng vượt qua bạn trên đường cao tốc. Cảnh sát sử dụng hiệu ứng Doppler để tính toán tốc độ xe của bạn; họ chiếu một chùm tia laser lên xe của bạn, nó sẽ phản xạ ngược trở về chiếc xe của cảnh sát. Bằng cách phân tích sự dịch chuyển tần số của ánh sáng laser, viên cảnh sát có thể tính ra vận tốc của bạn.

Chẳng hạn, nếu một ngôi sao đang chuyển động về phía bạn, các sóng ánh sáng mà nó phát ra bị nén lại như một chiếc phong cầm. Kết quả là bước sóng của nó ngắn hơn. Một ngôi sao màu vàng sẽ dường như hơi xanh lam (do màu xanh lam có bước sóng ngắn hơn màu vàng). Tương tự, nếu một ngôi sao đang chuyển động ra xa bạn, các sóng ánh sáng của nó được kéo dài ra, tạo cho nó một bước sóng dài hơn, vì thế một ngôi sao màu vàng dường như hơi đỏ. Sự sai lệch càng lớn thì vận tốc của các ngôi sao càng lớn. Vì thế, nếu chúng ta biết sự dịch chuyển tần số của ánh sáng sao, chúng ta có thể xác định được tốc độ của ngôi sao này.

Năm 1912, nhà thiên văn Vesto Slipher đã thấy rằng các thiên hà đang di chuyển ra xa khỏi Trái Đất với một vận tốc lớn. Không chỉ vũ trụ rộng lớn hơn nhiều so với dự kiến trước đây, nó cũng đang dãn nở với một tốc độ lớn. Ngoài các thăng giáng nhỏ, ông cũng thấy rằng các thiên hà thể hiện một dịch chuyển về phía đỏ, do các thiên hà đang di chuyển ra xa chúng ta gây ra, chứ không phải dịch chuyển về phía xanh lam. Phát hiện của Slipher đã cho thấy vũ trụ quả thật là động và không tĩnh, như Newton và Einstein đã giả định.

Trong những thế kỷ mà các nhà khoa học còn đang nghiên cứu các nghịch lý Bentley và Olbers thì không một ai nghiêm túc xem xét khả năng vũ trụ đang dãn nở. Năm 1928, Hubble đã thực hiện một chuyến đi duyên số tới Hà Lan để gặp Willem de Sitter. Điều hấp dẫn Hubble là dự đoán của de Sitter rằng một thiên hà càng ở xa bao nhiêu thì nó càng di chuyển nhanh bấy nhiêu. Hãy hình dung về một quả bóng đang dãn nở với các thiên hà được vẽ trên bề mặt quả bóng. Khi quả bóng dãn nở, các thiên hà gần nhau di chuyển ra xa nhau tương đối chậm. Chúng càng gần nhau bao nhiêu thì càng di chuyển ra xa nhau chậm bấy nhiêu. Nhưng nếu các thiên hà càng cách xa nhau trên quả bóng thì chúng sẽ di chuyển ra xa nhau càng nhanh.

De Sitter đã thúc giục Hubble tìm kiếm hiệu ứng này trong các dữ liệu của ông, điều có thể kiểm tra qua việc phân tích dịch chuyển về phía đỏ của các thiên hà. Thiên hà có dịch chuyển về phía đỏ càng lớn thì nó càng di chuyển nhanh ra xa, và vì thế nó sẽ xa hơn. (Theo thuyết của Einstein, về mặt kỹ thuật mà nói, dịch chuyển đỏ của một thiên hà không phải do bản thân thiên hà đó đang lao nhanh rời xa Trái Đất gây ra mà phải là do sự dãn nở của chính không gian nằm giữa thiên hà này và Trái Đất gây ra. Nguồn gốc của dịch chuyển đỏ là do ánh sáng phát ra từ một thiên hà xa xăm bị kéo dãn ra vì sự dãn nở của không gian, và vì thế nó dường như trở nên đỏ lên.)

ĐỊNH LUẬT HUBBLE

Khi Hubble trở về California, ông đã lưu ý tới lời khuyên của de Sitter và tìm kiếm chứng cứ cho hiệu ứng này. Bằng cách phân tích hai mươi tư thiên hà, ông thấy rằng thiên hà càng cách xa bao nhiêu thì nó càng di chuyển ra xa Trái Đất nhanh bấy nhiêu, đúng như các phương trình của Einstein đã dự đoán. Tỉ lệ giữa hai đại lượng này (tốc độ chia cho khoảng cách) gần như là một hằng số. Nó nhanh chóng được biết đến là hằng số Hubble, hoặc *H*. Nó có lẽ là hằng số quan trọng duy nhất của vũ trụ học, do hằng số Hubble cho ta biết tốc độ dãn nở của vũ trụ.

Nếu vũ trụ đang dãn nở, đúng như suy nghĩ của các nhà khoa học, thì có lẽ nó đã có một khởi đầu. Trên thực tế, nghịch đảo của hằng số Hubble cho ta một tính toán áng chừng về tuổi của vũ trụ. Hãy tưởng tượng một băng video ghi lại một vụ nổ. Trong băng video này, chúng ta thấy các mảnh vụn còn lại của nơi xảy ra vụ nổ và có thể tính được vận tốc của sự dãn nở. Nhưng điều này cũng có nghĩa là chúng ta có thể tua ngược băng video này, cho đến khi tất cả các mảnh vụn tập hợp lại thành một điểm duy nhất. Vì chúng ta biết vận tốc của sự dãn nở, chúng ta có thể quay ngược lại một cách phỏng chừng và tính toán thời gian mà tại đó vụ nổ đã diễn ra.

(Ước tính ban đầu của Hubble về tuổi của vũ trụ là vào khoảng 1,8 tỉ năm, điều đã làm cho nhiều thế hệ các nhà vũ trụ học phải đau đầu vì nó trẻ hơn độ tuổi được ghi nhận của Trái Đất và các ngôi sao. Một vài năm sau, các nhà thiên văn đã nhận ra rằng các sai số trong việc đo ánh sáng từ các sao biến quang Cepheid trong tinh vân Tiên Nữ đã cho ra một giá trị không chính xác của hằng số Hubble. Trên thực tế, các cuộc "chiến tranh Hubble" liên quan tới giá trị chính xác của hằng số Hubble đã diễn ra ác liệt trong suốt bảy mươi năm qua. Con số chính xác nhất hiện nay đến từ vệ tinh WMAP.)

Năm 1931, trong chuyến thăm của Einstein tới Đài quan sát núi Wilson, ông lần đầu tiên gặp Hubble. Nhận ra rằng vũ trụ quả thật đang dãn nở, ông đã gọi hằng số vũ trụ là "sai lầm lớn nhất" của mình. (Tuy nhiên, ngay cả một sai lầm của Einstein cũng đủ để làm rung chuyển nền tảng của vũ trụ học, như chúng ta sẽ thấy trong thảo luận về các dữ liệu của vệ tinh WMAP trong chương sau.) Khi vợ Einstein đi thăm khắp đài quan sát đồ sộ này, người ta nói với bà rằng kính viễn vọng khổng lồ này đã xác định được hình dạng cuối cùng của vũ trụ.

Bà Einstein đã lãnh đạm trả lời: "Chồng tôi làm điều đó trên mặt sau của một cái phong bì cũ."

VỤ NỔ LỚN

Một linh mục người Bỉ là Georges Lemaître[1], đã biết đến thuyết của Einstein, bị thu hút bởi ý tưởng rằng thuyết này đã dẫn đến một vũ trụ đang dãn nở là hoàn toàn hợp logic và do đó nó đã có một điểm khởi đầu. Do các khí nóng lên khi bị nén, ông nhận ra rằng vũ trụ ở điểm khởi đầu của thời gian phải cực kỳ nóng. Năm 1927, ông phát biểu rằng vũ trụ phải bắt đầu như một "siêu nguyên tử" với nhiệt độ và mật độ cao không thể tin được, nó đã đột ngột nổ tung ra tứ phía, sinh ra một vũ trụ đang dãn nở mà Hubble nói tới. Ông viết: "Sự phát triển của thế giới có thể ví như một màn pháo hoa vừa kết thúc: một vài dải màu đỏ, tro bụi và khói. Đứng trên một đống tro tàn nguội lạnh, chúng ta thấy cảnh các mặt trời mờ dần đi, và chúng ta cố gắng nhớ lại sự rực rỡ đã tan biến của khởi đầu các thế giới."*

(Người đầu tiên đề xuất ý tưởng về một "siêu nguyên tử" vào lúc thời gian chỉ mới bắt đầu lại cũng là Edgar Allan Poe. Ông lập luận rằng vật chất hút các dạng vật chất khác, vì thế vào lúc thời gian bắt đầu phải có sự cô đặc vũ trụ của các nguyên tử.)

Lemaître thường tham dự các hội nghị vật lý và quấy rầy các nhà khoa học khác bằng ý tưởng của mình. Họ thường vẫn lắng nghe ông với một sự hài hước lộ rõ, sau đó lặng lẽ gạt bỏ ý tưởng của ông. Arthur Eddington, một trong những nhà vật lý hàng đầu trong thời đại của mình, đã nói: "Là một nhà khoa học, tôi chỉ đơn giản là không thể tin rằng trật tự hiện tại của vạn vật lại bắt đầu bằng một vụ nổ... Khái niệm về một khởi đầu đột ngột đối với trật tự hiện tại của Tự nhiên là khó chấp nhận đối với tôi"*.

Nhưng qua năm tháng, sự kiên trì của ông dần dần đã ăn mòn sự phản kháng của cộng đồng vật lý. Một nhà khoa học khác, người sẽ trở thành phát ngôn viên và nhà phổ biến quan trọng nhất của thuyết vụ nổ lớn, cuối cùng sẽ cung cấp bằng chứng có sức thuyết phục nhất cho thuyết này.

---

[1] Georges Lemaître (1894-1966): linh mục Công giáo La Mã, đồng thời là giáo sư vật lý kiêm nhà thiên văn tại Đại học Công giáo Leuven, Bỉ.

GEORGE GAMOW, NGƯỜI PHA TRÒ VỀ VŨ TRỤ

Trong khi Hubble là một quý ông uyên bác về thiên văn học, thì công trình của ông đã được một nhân vật xuất chúng khác là George Gamow kế tục. Gamow trong nhiều khía cạnh trái ngược hẳn với Hubble: một người thích pha trò và ưa biếm họa, nổi tiếng với những trò bỡn cợt tai quái và hai chục cuốn sách về khoa học của ông, mà phần lớn trong số này dành cho thanh niên. Một vài thế hệ các nhà vật lý (bao gồm cả bản thân tôi) đã được nuôi dưỡng bằng các cuốn sách đầy tính giải trí và thông tin của ông về vật lý và vũ trụ học. Vào cái thời mà thuyết tương đối rộng và thuyết lượng tử đang cách mạng hóa khoa học và xã hội thì các cuốn sách của ông đã đứng riêng một mình: chúng là các cuốn sách đáng tin cậy duy nhất về khoa học tiên tiến sẵn có cho lứa tuổi thanh thiếu niên.

Trong khi các nhà khoa học tầm cỡ kém hơn thường cằn cỗi không có các ý tưởng, mà đơn giản hài lòng với việc nhồi nhét hàng núi các dữ liệu khô khan, thì Gamow là một trong những thiên tài sáng tạo trong thời đại của mình, một nhà thông thái nhanh chóng tách bạch những ý tưởng có thể làm thay đổi tiến trình của vật lý hạt nhân, vũ trụ học, và thậm chí cả nghiên cứu ADN. Có lẽ không phải ngẫu nhiên mà tự truyện của James Watson, người cùng với Francis Crick đã làm sáng tỏ bí mật của phân tử ADN, lại có nhan đề *Genes, Gamow, and Girls* (Gen, Gamow và các cô gái). Theo một đồng nghiệp của ông là Edward Teller nhớ lại thì: "Chín mươi phần trăm các thuyết của Gamow là sai lầm, và dễ dàng nhận ra rằng chúng sai lầm. Nhưng ông không hề bận tâm. Ông là một trong những người không có sự hãnh diện cụ thể trong bất kỳ phát minh nào của mình. Ông cứ ném ra ý tưởng mới nhất của mình rồi sau đó coi nó như một trò đùa."* Nhưng 10% các ý tưởng còn lại của ông có thể làm thay đổi toàn bộ cảnh quan khoa học.

Gamow sinh ra tại Odessa (Nga)(1) vào năm 1904, trong thời kỳ có những biến động xã hội đầu tiên ở đất nước này. Gamow nhớ lại rằng "các lớp học thường xuyên bị đình hoãn khi Odessa bị oanh tạc từ một số tàu chiến đối phương, hoặc khi các lực lượng viễn chinh Hy Lạp, Pháp hay Anh tiến hành một cuộc tấn công bằng lưỡi lê dọc theo các đường phố chính của thành phố để chống lại các lực lượng Nga Trắng(2), Nga Đỏ(3), hoặc thậm chí là Nga xanh đang cố thủ, hoặc khi các lực lượng Nga thuộc các loại màu khác nhau đánh lẫn nhau."*

Bước ngoặt thời tuổi trẻ của ông xảy đến khi ông đi lễ nhà thờ và bí mật mang về nhà một vài mẩu bánh mì của lễ ban Thánh thể sau khi kết thúc buổi lễ. Xem xét kỹ bằng kính hiển vi, ông không thấy có sự khác biệt nào giữa bánh mì của lễ ban Thánh thể, tượng trưng cho máu thịt của Jesus Christ (Chúa Giêsu) với bánh mì thông thường. Ông đã kết luận: "Tôi nghĩ rằng đây chính là thử nghiệm đã biến tôi thành một nhà khoa học."*

Ông học tại trường Đại học Tổng hợp Leningrad và nghiên cứu dưới sự hướng dẫn của nhà vật lý Aleksandr Friedmann. Sau này, tại Đại học Copenhagen, ông đã gặp nhiều vĩ nhân trong giới vật lý như Niels Bohr. (Năm 1932, hai vợ chồng ông đã cố gắng bỏ trốn khỏi Liên Xô bằng một cái bè từ Crimea tới Thổ Nhĩ Kỳ nhưng không thành công. Sau đó, ông đã chạy trốn thành công khi tham dự một hội nghị vật lý tại Brussels, khiến ông bị chính quyền Xô viết kết án tử hình.)

Gamow nổi tiếng với những bài thơ hài hước limerick(4) gửi cho bạn bè. Phần lớn không được in ra, nhưng một bài thơ hài hước năm câu thể hiện những nỗi lo âu mà các nhà vũ trụ học cảm thấy khi họ đối mặt với tầm cỡ của các con số thiên văn và cái vô hạn ở ngay trước mắt:

---

1. Nay thuộc Ukraine.
2. Chỉ quân Bạch vệ Nga.
3. Chỉ Hồng quân Liên Xô.
4. Một thể thơ gồm năm câu, với các từ cuối cùng của các câu 1, 2 và 5 vần với nhau, còn của các câu 3, 4 vần với nhau.

Có anh chàng từ chốn Ba Ngôi[1]
Vướng vào số chữ số lôi thôi
Khi khai căn của số vô tận
Nó khiến chàng vô cùng lấn cấn;
*Bỏ Toán, chàng theo Thần học rồi.**

Trong thập niên 1920 tại Nga, Gamow đạt được thành công lớn đầu tiên khi ông đã giải quyết được bí ẩn tại sao phân rã phóng xạ có thể diễn ra. Nhờ có công trình của bà Curie và những người khác, các nhà khoa học đã biết rằng các nguyên tử urani không ổn định và phát ra bức xạ dưới dạng tia alpha (hạt nhân của một nguyên tử hêli). Nhưng theo cơ học Newton, lực hạt nhân bí ẩn đã giữ hạt nhân lại với nhau ắt phải là một rào cản ngăn chặn sự rò rỉ này. Vậy thì làm thế nào mà điều này lại có thể xảy ra?

Gamow (và R. W. Gurney cùng E. U. Condon) đã nhận ra rằng phân rã phóng xạ có thể xảy ra vì trong thuyết lượng tử, nguyên lý bất định có nghĩa là người ta không bao giờ biết chính xác đồng thời vị trí và vận tốc của một hạt, vì thế có một xác suất nhỏ rằng nó có thể "chui hầm" hoặc xuyên thẳng qua rào cản. (Ngày nay, ý tưởng chui hầm này là trung tâm của mọi điều liên quan tới vật lý và được sử dụng để giải thích các tính chất của các thiết bị điện tử, các lỗ đen và vụ nổ lớn. Bản thân vũ trụ có thể đã được tạo thành thông qua hiện tượng chui hầm.)

Tương tự, Gamow đã hình dung một tù nhân bị giam giữ trong nhà tù, bao quanh là các bức tường nhà tù đồ sộ. Trong thế giới Newton cổ điển, việc thoát ra là không thể. Nhưng trong thế giới kỳ lạ của thuyết lượng tử, bạn không biết chính xác tù nhân này ở đâu tại bất kỳ thời điểm nào hoặc biết chính xác vận tốc của anh ta. Nếu tù nhân này đập mạnh vào các bức tường nhà tù đủ thường xuyên, bạn có thể tính được các cơ hội rằng một ngày nào đó, anh ta sẽ vượt qua tường, ngược hẳn với lẽ phải thông thường và cơ học Newton. Có một xác suất nhất định, có thể tính được, rằng anh ta sẽ được tìm thấy ở bên ngoài các bức tường nhà tù. Đối với các đối tượng lớn như các tù nhân, bạn sẽ phải chờ đợi lâu hơn cả tuổi đời của vũ trụ cho đến khi sự kiện thần kỳ này xảy ra. Nhưng đối với các hạt anpha và các hạt hạ nguyên tử, điều đó luôn luôn xảy ra, bởi vì các hạt này va đập vào các bức tường của hạt nhân nhiều lần với một lượng năng lượng khổng lồ. Nhiều người cảm thấy rằng lẽ ra nên trao giải Nobel cho Gamow cho công trình cực kỳ quan trọng này.

---

[1] Trinity (Chúa Ba Ngôi) là tên gọi của một trong hai trường đại học con (college) thuộc Đại học Oxford hoặc thuộc Đại học Cambridge.

Trong thập niên 1940, mối quan tâm của Gamow đã bắt đầu chuyển từ thuyết tương đối sang vũ trụ học, nơi được ông xem như là một xứ sở giàu có chưa được khám phá. Tất cả những gì người ta biết về vũ trụ tại thời điểm đó là bầu trời có màu đen và rằng vũ trụ đang dãn nở. Một ý tưởng duy nhất dẫn dắt Gamow: tìm cho ra bất kỳ bằng chứng hoặc "hóa thạch" nào chứng minh rằng đã có một vụ nổ lớn xảy ra hàng tỉ năm trước. Điều này thật là vô vọng, vì vũ trụ học không phải là một môn khoa học thực nghiệm theo đúng nghĩa của từ này. Không thể thực hiện được thí nghiệm nào đối với vụ nổ lớn. Vũ trụ học giống như một câu chuyện trinh thám, một môn khoa học quan sát mà bạn tìm kiếm các vật còn sót lại hoặc chứng cứ tại hiện trường nơi xảy ra tội phạm hơn là một môn khoa học thực nghiệm, nơi bạn có thể thực hiện các thí nghiệm chính xác.

NHÀ BẾP HẠT NHÂN CỦA VŨ TRỤ

Đóng góp lớn kế tiếp của Gamow cho khoa học là phát hiện của ông về các phản ứng hạt nhân đã sinh ra các nguyên tố nhẹ nhất mà chúng ta bắt gặp trong vũ trụ. Ông thích gọi đó là "nhà bếp tiền sử của vũ trụ", nơi tất cả các nguyên tố của vũ trụ ban đầu đã được nấu bằng sức nóng dữ dội của vụ nổ lớn. Ngày nay, quá trình này được gọi là "tổng hợp hạt nhân" (hay "hợp hạch"), hoặc tính toán độ phổ biến tương đối của các nguyên tố trong vũ trụ. Ý tưởng của Gamow là đã có một chuỗi liền mạch các nguyên tố, bắt đầu từ hyđrô, có thể được xây dựng đơn giản bằng cách bổ sung lần lượt thêm nhiều hạt vào nguyên tử hyđrô. Ông tin rằng toàn bộ bảng tuần hoàn các nguyên tố của

Mendeleev có thể được tạo ra từ sức nóng của vụ nổ lớn.

Gamow và các học trò của ông lập luận rằng vì vũ trụ là một tập hợp cực kỳ nóng của các proton và các nơtron vào thời khắc Sáng thế, thì chắc có lẽ hợp hạch đã diễn ra, với các nguyên tử hyđrô được hợp nhất với nhau để sinh ra các nguyên tử hêli. Giống như trong một quả bom nhiệt hạch hoặc một ngôi sao, nhiệt độ nóng tới mức các proton của nguyên tử hyđrô va mạnh vào nhau cho đến khi chúng kết nhập, tạo nên hạt nhân hêli. Theo kịch bản này, các va chạm sau đó giữa hyđrô và hêli sẽ sản sinh ra tập hợp kế tiếp của các nguyên tố, trong đó có liti và beri. Gamow giả định rằng các nguyên tố cao hơn có thể được xây dựng tuần tự bằng cách bổ sung ngày càng nhiều các hạt hạ nguyên tử vào hạt nhân - nói cách khác, tất cả khoảng 100 nguyên tố tạo nên vũ trụ nhìn thấy đã được "nấu" trong sức nóng mãnh liệt của quả cầu lửa ban đầu.

Theo cách điển hình, Gamow đã đưa ra các phác thảo khái quát của chương trình đầy tham vọng này và để cho nghiên cứu sinh tiến sĩ của ông là Ralph Alpher điền vào các chi tiết.* Khi bài báo hoàn thành, ông đã không thể cưỡng lại một trò vui tai quái. Ông đã điền tên nhà vật lý Hans Bethe vào bài báo mà chưa có sự đồng ý của ông này, thế là nó đã trở thành bài báo alpha-beta-gamma nổi tiếng.

Những gì Gamow khám phá ra là vụ nổ lớn thực sự đủ nóng để tạo ra hêli, nguyên tố chiếm khoảng 25% của vũ trụ tính theo khối lượng. Làm theo chiều ngược lại, có thể thấy một sự "chứng minh" vụ nổ lớn đơn giản chỉ bằng cách xem xét nhiều ngôi sao và thiên hà ngày nay và nhận ra rằng chúng cũng được hợp thành từ xấp xỉ 75% hyđrô, 25% hêli và một ít nguyên tố dấu vết(1). (Như David Spergel, một nhà vật lý thiên văn tại Princeton, đã nói: "Mỗi khi bạn mua một quả bóng bay, bạn đang nhận được các nguyên tử [mà một số trong đó] được tạo ra trong vài phút đầu tiên của vụ nổ lớn".*

Tuy nhiên, Gamow cũng nhận thấy có vấn đề trong tính

---

1. Nguyên tố có lượng quá ít, chỉ ở mức "dấu vết" hiện diện chứ không định lượng được.

toán này. Thuyết của ông đã rất ổn khi áp dụng với các nguyên tố rất nhẹ. Nhưng các nguyên tố có 5 và 8 notron và proton là cực kỳ không ổn định, do đó không thể hoạt động như một "cầu nối" để tạo ra các nguyên tố có số lượng proton và notron lớn hơn. Cây cầu đã trôi mất trong các nguyên tố có 5 hạt và 8 hạt. Vì vũ trụ bao gồm các nguyên tố nặng với nhiều hơn 5 và 8 notron và proton, nên điều này để lại một bí ẩn vũ trụ. Thuyết của Gamow đã không vượt qua được hào chắn 5 hạt và 8 hạt nên đây vẫn còn là vấn đề khó nhằn trong nhiều năm, phá hoại viễn tưởng của ông cho rằng tất cả các nguyên tố của vũ trụ được tạo ra tại thời khắc của vụ nổ lớn.

BỨC XẠ NỀN VI SÓNG

Cùng lúc đó, một ý tưởng khác đã hấp dẫn ông: nếu vụ nổ lớn nóng đến như thế, thì có lẽ một số nhiệt còn sót lại của nó vẫn còn luân chuyển khắp vũ trụ ngày nay. Nếu vậy, nó có thể cung cấp một "mẫu hóa thạch" của bản thân vụ nổ lớn. Có lẽ vụ nổ lớn là khổng lồ tới mức dư chấn của nó vẫn còn lan tỏa khắp vũ trụ với một màn bức xạ mờ mờ đồng nhất.

Năm 1946, Gamow giả định rằng vụ nổ lớn đã bắt đầu với một lõi notron siêu nóng. Điều này là một giả định hợp lý, vì người ta biết rất ít về các hạt hạ nguyên tử ngoại trừ electron, proton, và notron. Nếu Gamow có thể ước tính được nhiệt độ của quả cầu notron này, ông nhận ra rằng ông có thể tính toán được lượng và bản chất của bức xạ mà nó phát ra. Hai năm sau, Gamow đã chỉ ra rằng bức xạ được lõi siêu nóng này phát ra có thể thực hiện vai trò như "bức xạ vật đen(1)". Đây là kiểu bức xạ rất đặc biệt được một vật nóng phát ra; nó hấp thụ tất cả ánh sáng va đập vào nó, rồi phát ra bức xạ ngược trở lại theo cách đặc trưng. Chẳng hạn, Mặt Trời, dung nham nóng chảy, than nóng đang cháy, và các đồ gốm sứ nóng trong một lò nung tất cả đều rực sáng một màu vàng-đỏ và phát ra bức xạ vật đen.

---

1. Trong vật lý, vật đen là vật hấp thụ hoàn toàn tất cả các bức xạ điện từ (trong đó có ánh sáng) chiếu đến nó, bất kể bước sóng nào. Nó sẽ bức xạ trở lại môi trường theo cách riêng, với tên gọi bức xạ vật đen, tạo nên quang phổ đặc trưng cho nhiệt độ của vật.

(Bức xạ vật đen lần đầu tiên được nhà sản xuất gốm sứ nổi tiếng là Thomas Wedgwood phát hiện vào năm 1792. Ông nhận xét rằng khi vật liệu được nung trong lò nung của ông, chúng đã thay đổi màu sắc từ đỏ sang vàng tới trắng, khi ông tăng nhiệt độ.)

Điều này là quan trọng vì một khi người ta biết màu sắc của một vật rất nóng, người ta cũng biết được phỏng chừng nhiệt độ của nó, và ngược lại; công thức chính xác liên quan tới nhiệt độ của một vật nóng và bức xạ mà nó phát ra lần đầu tiên được Max Planck thu được vào năm 1900, đã dẫn đến sự ra đời của thuyết lượng tử. (Điều này, trên thực tế, là một cách mà các nhà khoa học xác định nhiệt độ của Mặt Trời. Mặt Trời chủ yếu bức xạ ánh sáng vàng, tương ứng với một nhiệt độ vật đen khoảng 6.000 K(1). Vì thế, chúng ta biết được nhiệt độ của khí quyển ngoài của Mặt Trời. Tương tự như vậy, sao kềnh đỏ Betelgeuse có nhiệt độ bề mặt 3.000 K, là nhiệt độ vật đen tương ứng với màu đỏ, cũng là màu được một cục than nóng đỏ phát ra.)

Với bài báo năm 1948, Gamow là người đầu tiên đề xuất rằng bức xạ của vụ nổ lớn có thể có một đặc điểm đặc trưng: bức xạ vật đen. Đặc điểm quan trọng nhất của bức xạ vật đen là nhiệt độ của nó. Tiếp theo, Gamow phải tính toán nhiệt độ hiện tại của bức xạ vật đen.

Ralph Alpher, nghiên cứu sinh của Gamow, và một nghiên cứu sinh khác là Robert Herman đã cố gắng hoàn thành tính toán của Gamow bằng cách tính nhiệt độ của nó. Gamow đã viết: "Ngoại suy từ những ngày đầu tiên của vũ trụ đến thời điểm hiện tại, chúng tôi thấy rằng trong các liên đại(2) đã trôi qua, vũ trụ phải lạnh xuống tới khoảng 5 độ trên độ không tuyệt đối."*

Năm 1948, Alpher và Herman đã công bố một bài báo đưa ra các luận cứ chi tiết giải thích tại sao nhiệt độ của ánh tàn dư

---

1. Tức Kelvin, một đơn vị đo nhiệt độ lấy độ không tuyệt đối làm mốc dưới. K = độ C - 273.
2. Thang thời gian địa chất gồm có các đơn vị (theo thứ tự nhỏ dần): liên đại (aeon), đại (era), kỷ (period), thế (epoch).

của vụ nổ lớn hiện nay phải là 5 độ trên độ không tuyệt đối (ước tính của họ khá gần với những gì chúng ta biết hiện nay, đó là nhiệt độ chính xác là 2,7 độ trên độ không). Bức xạ này, được họ xác định là nằm trong một dải vi sóng, vẫn còn luân chuyển trong vũ trụ ngày nay, điều mà họ mặc nhiên công nhận, tức đang lan tỏa khắp vũ trụ với một ánh tàn dư đồng nhất.

(Lập luận là như sau. Trong nhiều năm sau vụ nổ lớn, nhiệt độ của vũ trụ đã nóng tới mức bất cứ khi nào một nguyên tử được hình thành, nó sẽ bị xé tan ra, vì vậy đã có nhiều electron tự do có thể tán xạ ánh sáng. Như vậy, vũ trụ đã là đục, chứ không phải trong suốt. Bất kỳ một tia sáng nào di chuyển trong vũ trụ siêu nóng này sẽ bị hấp thụ sau khi chu du được một khoảng cách ngắn, vì thế vũ trụ trông mờ đục. Tuy nhiên, sau 380.000 năm, nhiệt độ đã giảm xuống chỉ còn 3.000 độ. Dưới nhiệt độ đó, các nguyên tử không còn bị xé tan ra nữa bởi các va chạm. Kết quả là các nguyên tử ổn định đã có thể hình thành, và các tia sáng lúc bấy giờ có thể chu du qua khoảng cách nhiều năm ánh sáng mà không bị hấp thụ. Do đó, lần đầu tiên không gian trống rỗng đã trở thành trong suốt. Bức xạ này, vì đã không còn bị hấp thụ ngay sau khi nó được tạo ra, đang luân chuyển trong khắp vũ trụ ngày nay.)

Khi Alpher và Herman đưa cho Gamow xem tính toán cuối cùng của họ về nhiệt độ của vũ trụ, Gamow đã thất vọng. Nhiệt độ này lạnh tới mức cực kỳ khó đo đạc. Gamow đã mất một năm mới đồng ý rằng các chi tiết trong tính toán của họ là chính xác. Nhưng ông đã hết hy vọng và không biết đến bao giờ mới có thể đo được trường bức xạ yếu như vậy. Các công cụ có được trong thập niên 1940 không thể nào đo được tiếng vọng mờ nhạt này. (Trong một tính toán sau đó, sử dụng một giả định sai, Gamow đã đẩy nhiệt độ của bức xạ này lên tới 50 độ.)

Họ đã tổ chức một loạt các buổi nói chuyện để công bố công trình của mình. Nhưng không may, kết quả tiên tri của họ đã không được để ý. Alpher nói: "Chúng tôi tiêu tốn một sinh lực kinh khủng để tổ chức những buổi nói chuyện về công trình này. Không một ai bắt nhời, không một ai nói nó có thể đo được... Và như thế trong giai đoạn từ 1948 tới 1955, chúng tôi đã phần nào đầu hàng."*

Không nản lòng, Gamow, thông qua các cuốn sách và các bài giảng của mình, đã trở thành nhân vật hàng đầu thúc đẩy thuyết vụ nổ lớn. Nhưng ông đã gặp một đối thủ quyết liệt tương xứng, về nhiều mặt chả kém cạnh gì ông. Trong khi Gamow có thể quyến rũ khán giả của ông bằng những trò đùa tinh quái và những nhận xét dí dỏm, thì Fred Hoyle lại có thể chế ngự khán giả của mình bằng tài hoa tuyệt kỹ và sự táo bạo lấn lướt của mình.

FRED HOYLE, KẺ CHỐNG ĐỐI

Bức xạ nền vi sóng cho chúng ta "bằng chứng thứ hai" của vụ nổ lớn. Nhưng người ít được trông chờ nhất để cung cấp bằng chứng lớn thứ ba của vụ nổ lớn thông qua tổng hợp hạt nhân chính là Fred Hoyle, trớ trêu thay lại là người đã dành gần như toàn bộ cuộc đời của mình để cố gắng bác bỏ thuyết vụ nổ lớn.

Hoyle là hiện thân của một tạng người không thích hợp với những điều kinh viện, một kẻ chống đối nổi bật, kẻ dám thách đố suy xét thông thường bằng phong cách đôi khi có phần gây gổ của mình. Trong khi Hubble mang phong thái quý tộc, cạnh tranh theo kiểu cách của một giảng viên Đại học Oxford, còn Gamow vừa là một anh chàng pha trò vui nhộn vừa là một nhà thông thái có thể làm hoa mắt khán giả với những lời châm chọc, những bài thơ năm câu và những trò đùa tai quái của mình, thì Hoyle lại có phong cách giống như một kẻ gan lì vụng về thô kệch; ông có vẻ hoàn toàn xa lạ, như người nhầm chỗ trong các giảng đường cổ xưa của Đại học Cambridge, chốn lui tới trước kia của Isaac Newton.

Hoyle sinh năm 1915 ở miền Bắc xứ Anh, là con trai của một thương nhân ngành dệt may, trong một khu vực phát triển mạnh công nghiệp len. Khi còn nhỏ, ông đã bị khoa học cuốn hút; lúc bấy giờ phát thanh chỉ vừa mới đến với ngôi làng này và, ông nhớ lại, khoảng từ hai chục tới ba chục người hăm hở chăng dây ăng ten cho các máy thu thanh trên nóc các ngôi nhà của họ. Nhưng bước ngoặt trong cuộc đời ông đến khi món quà mà cha mẹ ông tặng cho ông là một chiếc kính viễn vọng.

Phong cách hiếu chiến của Hoyle bắt đầu khi ông còn là một đứa trẻ. Hoyle đã thuộc lòng bảng cửu chương khi mới lên ba, sau đó khi thầy giáo của cậu yêu cầu cậu học thuộc các chữ số La Mã. "Làm sao mà lại có ai đó điên khùng như thế khi viết VIII thay cho 8?", ông nhớ lại đầy vẻ khinh miệt. Nhưng khi người ta nói với cậu rằng luật pháp yêu cầu cậu phải đi học, cậu đã viết: "Tôi kết luận rằng, thật không may, tôi đã sinh ra trong một thế giới thống trị bởi một con quái vật điên cuồng gọi là 'pháp luật' vừa có sức mạnh toàn diện lại vừa xuẩn ngốc toàn diện."*

Thái độ khinh miệt của ông đối với thế giới quyền lực đã được định hình trong bất đồng với một cô giáo khác, người đã nói với cả lớp học rằng một loài hoa cụ thể nào đó có năm cánh hoa. Để chứng minh rằng cô giáo sai, Hoyle đã mang vào lớp bông hoa có sáu cánh. Vì hành động hỗn xược bất tuân đó, cô giáo này đã tát mạnh vào tai trái của cậu.* (Hoyle sau này bị điếc bên tai đó.)

THUYẾT VŨ TRỤ TĨNH ĐỊNH

Trong thập niên 1940, Hoyle đã không ham mê thuyết vụ nổ lớn. Một trong những khiếm khuyết của thuyết này là việc Hubble, do các sai sót trong việc đo đạc ánh sáng từ các thiên hà xa xăm, đã tính sai tuổi của vũ trụ với kết quả 1,8 tỉ năm. Các nhà địa chất cho rằng Trái Đất và hệ Mặt Trời chắc đã nhiều tỉ năm tuổi rồi. Vậy tại sao vũ trụ lại có thể trẻ hơn các hành tinh của nó?

Cùng với các đồng nghiệp Thomas Gold và Hermann Bondi, Hoyle bắt đầu xây dựng một thuyết kình địch với thuyết vụ nổ lớn. Huyền thoại kể rằng thuyết của họ, thuyết vũ trụ tĩnh định (trạng thái tĩnh định)(1), lấy cảm hứng từ một bộ phim ma năm 1945 gọi là *Dead of Night* (Đêm tĩnh mịch), do Michael Redgrave thủ vai. Bộ phim này bao gồm một loạt các câu chuyện ma quái, nhưng trong cảnh cuối cùng có một sự phát triển đáng

---

1. Một số sách tiếng Việt dùng thuật ngữ thuyết vũ trụ dừng (steady-state theory).

nhớ: bộ phim kết thúc cũng giống như nó đã bắt đầu. Vì thế, bộ phim xoay tròn, không có khởi đầu hay kết thúc. Điều này được cho là đã tạo cảm hứng cho ba người đề xuất một thuyết về vũ trụ không có khởi đầu hay kết thúc (Gold sau này đã giải thích rõ hơn câu chuyện này. Ông nhớ lại: "Tôi nghĩ rằng chúng tôi đã xem bộ phim đó vài tháng trước, và sau khi tôi đề xuất trạng thái tĩnh định, tôi đã nói với họ: 'Phải chăng điều đó cũng hơi giống như trong *Dead of Night*?' "*)

Trong mô hình này, các phần của vũ trụ cũng dãn nở, nhưng vật chất mới đã liên tục được tạo ra từ hư không, sao cho mật độ của vũ trụ vẫn như cũ. Mặc dù ông không thể đưa ra các chi tiết về việc vật chất đã xuất hiện bí ẩn từ hư vô như thế nào, thuyết này ngay lập tức thu hút được một nhóm những người trung thành vốn đang chống lại các nhà lý luận của thuyết vụ nổ lớn. Đối với Hoyle, dường như vô lý khi cho rằng một đại biến cố dữ dội lại có thể xuất hiện từ hư vô và làm các thiên hà bắn tung tóe theo tất cả mọi hướng; ông ưa thích sự Sáng thế êm ả từ hư không. Nói cách khác, vũ trụ là vĩnh cửu. Nó không có kết thúc mà cũng chẳng có khởi đầu. Nó vẫn luôn luôn như vậy.

(Luận chiến giữa trạng thái tĩnh định và vụ nổ lớn cũng tương tự như các cuộc luận chiến trong địa chất học và các khoa học khác. Trong địa chất học, đã có cuộc tranh luận lâu dài giữa thuyết đồng biến (uniformitarianism) [niềm tin rằng Trái Đất đã được định hình bằng những thay đổi từ từ trong quá khứ] và thuyết tai biến (catastrophism) [công nhận rằng sự thay đổi đã diễn ra thông qua các biến cố dữ dội]. Mặc dù thuyết đồng biến vẫn giải thích được nhiều đặc điểm địa chất và sinh thái của Trái Đất, nhưng hiện nay không ai có thể phủ nhận tác động của các sao chổi và các tiểu hành tinh đã gây ra các vụ tuyệt chủng hàng loạt, hoặc sự rạn nứt và dịch chuyển của các lục địa thông qua sự trôi dạt kiến tạo.)

CÁC DIỄN GIẢ CỦA BBC

Hoyle không bao giờ né tránh một trận chiến ra trò. Năm 1949, cả Hoyle lẫn Gamow được Tập đoàn Truyền thông Anh quốc (BBC) mời đến tranh luận về nguồn gốc của vũ trụ. Trong chương trình phát thanh, Hoyle đã làm nên lịch sử khi ông tung ra một cú đánh vào lý thuyết của địch thủ. Lời ông nói đã gây oan nghiệt: "Các thuyết này dựa trên giả thuyết cho rằng tất cả vật chất trong vũ trụ được tạo ra trong một vụ 'nổ'⁽¹⁾ lớn tại một thời điểm nào đó trong quá khứ xa xưa." Thế là cái tên này đã chốt lại. Thuyết của Gamow bây giờ chính thức được kẻ thù lớn nhất của nó "đặt tên thánh" là "big bang" ["vụ nổ lớn"]. (Sau này Hoyle khẳng định rằng mình không nói với nghĩa xúc phạm. Ông thú nhận rằng: "Không đời nào tôi đặt ra cụm từ này để xúc phạm cả. Tôi đặt ra nó chỉ là để gây ấn tượng.")*

(Trong những năm sau đó, những người đề xướng thuyết vụ nổ lớn đã anh dũng cố gắng thay đổi tên gọi này. Họ không hài lòng với sắc thái thông thường, gần như khiếm nhã của tên gọi này và với thực tế là nó đã được kẻ thù lớn nhất của nó đặt ra. Những người theo chủ nghĩa thuần túy trong ngôn ngữ lại đặc biệt khó chịu rằng nó cũng không chính xác về mặt sự thật. Thứ nhất, vụ nổ lớn là không lớn (vì nó bắt nguồn từ một điểm kỳ dị bé xíu thuộc loại nhỏ hơn một nguyên tử rất nhiều) và thứ hai, đã không có tiếng nổ (vì không có không khí trong khoảng không vũ trụ). Tháng 8 năm 1993, tạp chí *Sky and Telescope* (Bầu trời và kính viễn vọng) tài trợ một cuộc thi đổi tên thuyết vụ nổ lớn. Cuộc thi nhận được 13.000 tên, nhưng ban giám khảo không thể tìm thấy bất kỳ tên nào tốt hơn tên gọi gốc.)

Điều đã đóng dấu danh tiếng của Hoyle tới cả một thế hệ là loạt chương trình phát thanh trứ danh của BBC về khoa học. Trong thập niên 1950, BBC dự định sẽ phát những bài thuyết trình khoa học mỗi tối thứ Bảy. Tuy nhiên, khi vị khách mời ban đầu bỏ cuộc, các nhà sản xuất bị thúc ép phải tìm một người thay thế. Họ đã liên lạc với Hoyle và ông đã đồng ý tham gia. Sau đó, họ mới kiểm tra hồ sơ của ông, trong đó có một ghi chú: "KHÔNG SỬ DỤNG NGƯỜI NÀY."

Tình cờ, họ đã bỏ qua cảnh báo kinh khủng này từ một đạo diễn trước đó, thế là Hoyle đã trình bày năm bài thuyết trình mê

---

1. Từ *bang* trong tiếng Anh có thể được hiểu là tiếng nổ, tiếng sập mạnh hay theo nghĩa lóng thô tục chỉ một cuộc giao hợp với phụ nữ (khi nói về đàn ông).

ly cho thế giới. Những buổi phát thanh kinh điển của BBC đã thôi miên đất nước này và phần nào truyền cảm hứng cho thế hệ các nhà thiên văn kế tiếp. Nhà thiên văn học Wallace Sargent nhớ lại tác động của các buổi phát thanh này đối với ông: "Khi mười lăm tuổi, tôi đã nghe Fred Hoyle trình bày bài thuyết trình trên BBC nhan đề 'Bản chất của Vũ trụ'. Ý tưởng rằng bạn biết được nhiệt độ và mật độ tại tâm Mặt Trời quả đã gây 'choáng' kinh khủng. Ở độ tuổi mười lăm, điều như thế dường như vượt quá tầm hiểu biết. Mấu chốt không phải ở những con số đáng ngạc nhiên, mà ở chỗ bạn có thể biết về chúng".*

TỔNG HỢP HẠT NHÂN TRONG CÁC NGÔI SAO

Hoyle, người rất ghét sự suy đoán suông, đã bắt tay vào kiểm tra thuyết trạng thái tĩnh định của mình. Ông ưa thích ý tưởng rằng các nguyên tố của vũ trụ đã được nấu ra không phải trong vụ nổ lớn, như Gamow đã tin, mà là ở tâm của các ngôi sao. Nếu cả thảy khoảng trên dưới 100 nguyên tố hóa học đã được tạo ra bằng sức nóng dữ dội của các ngôi sao, thì sẽ chẳng cần phải có vụ nổ lớn một chút nào.

Trong một loạt các bài báo có ảnh hưởng sâu xa công bố trong thập niên 1940 và 1950, Hoyle và đồng nghiệp của ông đã trình bày với chi tiết sinh động việc các phản ứng hạt nhân bên trong lõi của một ngôi sao, chứ không phải là vụ nổ lớn, có thể bổ sung thêm ngày càng nhiều các proton và nơtron vào các hạt nhân hyđrô và hêli như thế nào, cho đến khi chúng có thể tạo ra tất cả các nguyên tố nặng hơn, ít nhất là cho tới sắt. (Họ đã giải quyết được bí ẩn của việc tạo ra các nguyên tố có số khối vượt quá 5, điều đã gây bí cho Gamow. Trong khoảnh khắc lóe sáng thiên tài hiếm có, Hoyle nhận ra rằng nếu như có một dạng cacbon không ổn định mà trước đây không để ý thấy được tạo ra từ ba hạt nhân hêli, thì chắc nó phải tồn tại đủ lâu để hoạt động như một "cầu nối", cho phép tạo ra các nguyên tố cao hơn. Trong lõi của các ngôi sao, dạng cacbon mới không ổn định này có thể tồn tại đủ lâu sao cho, bằng cách bổ sung liên tiếp các nơtron và proton, người ta có thể tạo ra các nguyên tố có số khối vượt quá 5 và 8. Khi dạng cacbon không ổn định này được tìm thấy, nó chứng minh một cách xuất sắc rằng sự tổng hợp hạt nhân có thể diễn ra ở các ngôi sao, chứ không phải trong vụ nổ lớn. Hoyle thậm chí còn tạo ra một chương trình máy tính lớn có thể xác định, gần như từ những nguyên lý đầu tiên, sự phổ biến tương đối của các nguyên tố chúng ta bắt gặp trong tự nhiên.)

Nhưng ngay cả sức nóng ghê gớm của các ngôi sao vẫn không đủ để "nấu" các nguyên tố vượt quá sắt, như đồng, niken, kẽm và urani. (Cực kỳ khó thu được năng lượng bằng phản ứng hợp hạch từ các nguyên tố vượt quá sắt, vì nhiều lý do, trong đó có nguyên nhân là lực đẩy của các proton trong hạt nhân và thiếu năng lượng liên kết.) Đối với những nguyên tố nặng đó, người ta cần một lò nung thậm chí còn lớn hơn: vụ nổ của các sao kềnh (sao khổng lồ), hay các sao siêu mới. Vì hàng nghìn tỉ độ có thể đạt được trong các cơn giãy chết cuối cùng của một sao siêu kềnh khi nó suy sụp (co lại) dữ dội, nên ở đó mới có đủ năng lượng để "nấu" các nguyên tố vượt quá sắt. Điều này có nghĩa rằng hầu hết các nguyên tố vượt quá sắt đều bị bắn ra khỏi khí quyển của các ngôi sao đang nổ tung, tức các sao siêu mới.

Năm 1957, Hoyle, cũng như Margaret và Geoffrey Burbidge và William Fowler, đã công bố công trình có lẽ là xác định nhất cung cấp chi tiết các bước chính xác cần thiết để xây dựng nên các nguyên tố của vũ trụ và dự đoán độ phổ biến đã biết của chúng. Lập luận của họ chính xác, mạnh mẽ và có sức thuyết phục tới mức ngay cả Gamow cũng phải thừa nhận rằng Hoyle đã đưa ra cảnh tượng hấp dẫn nhất của quá trình tổng hợp hạt nhân. Gamow, theo tính cách điển hình của mình, thậm chí đã sáng tác ra đoạn văn sau đây, được viết theo phong cách *Kinh Thánh*. Lúc khởi đầu, khi Thiên Chúa sáng tạo ra các nguyên tố.

> Do phấn khích với việc kiểm đếm, Ngài đã quên gọi ra khối lượng 5 và như vậy, dĩ nhiên không một nguyên tố nặng hơn nào có thể hình thành. Thiên Chúa vô cùng thất vọng, và thoạt đầu muốn co vũ trụ lại, để bắt đầu tất cả lại từ đầu. Nhưng điều đó thì quá đơn giản. Vì thế, vốn là Đấng Toàn

năng, Thiên Chúa đã quyết định sửa chữa sai lầm của Ngài theo cách thức khó có thể làm nhất. Thiên Chúa phán: "Phải có Hoyle". Liền có Hoyle. Thiên Chúa nhìn Hoyle... Và bảo ông ta tạo ra các nguyên tố nặng theo bất cứ cách nào mà ông ta thích. Hoyle liền quyết định tạo ra các nguyên tố nặng trong các ngôi sao, và rải chúng ra xung quanh bằng các vụ nổ sao siêu mới.*

CHỨNG CỨ CHỐNG LẠI TRẠNG THÁI TĨNH ĐỊNH

Tuy nhiên, qua các thập niên thì bằng chứng bắt đầu chầm chậm nổi lên chống lại vũ trụ tĩnh định trên một số mặt. Hoyle thấy mình đang dần thất thế. Trong thuyết của ông, vì vũ trụ không tiến triển mà liên tục tạo ra vật chất mới, nên vũ trụ ban đầu nom phải rất giống vũ trụ ngày nay. Các thiên hà nhìn thấy ngày nay nom phải rất giống với các thiên hà hàng tỉ năm trước. Thuyết trạng thái tĩnh định khi đó có thể bị bác bỏ nếu như tồn tại dấu hiệu của những thay đổi tiến hóa đáng kể trong hàng tỉ năm.

Trong thập niên 1960, những nguồn năng lượng khổng lồ bí ẩn đã được tìm thấy ở phía ngoài vũ trụ, gọi là các "chuẩn tinh" (quasar), tức các thiên thể tựa sao. (Tên gọi này hấp dẫn tới mức một kiểu ti vi sau đó đã được đặt tên như vậy.) Các chuẩn tinh đã sinh ra một lượng năng lượng vô cùng lớn và có mức dịch chuyển đỏ rất lớn, có nghĩa là chúng đã ở đã cách xa chúng ta hàng tỉ năm ánh sáng, và chúng cũng đã chiếu sáng bầu trời khi vũ trụ còn rất trẻ. (Ngày nay, các nhà thiên văn tin rằng các chuẩn tinh này là những thiên hà trẻ siêu khổng lồ, bị cuốn đi bằng năng lượng của các lỗ đen khổng lồ.) Nhưng chúng ta không thấy bằng chứng về bất kỳ chuẩn tinh nào ngày nay, mặc dù theo thuyết vũ trụ tĩnh định thì chúng phải tồn tại. Sau hàng tỉ năm, chúng đã biến mất.

Còn một vấn đề nữa với thuyết của Hoyle. Các nhà khoa học nhận ra là có quá nhiều hêli trong vũ trụ, không phù hợp với các dự đoán về vũ trụ tĩnh định. Hêli, là thứ khí trong bóng bay và các khí cầu nhỏ của trẻ em, thực ra khá hiếm trên Trái Đất, nhưng nó là nguyên tố phổ biến thứ hai trong vũ trụ chỉ sau hyđrô. Nguyên tố này hiếm tới mức nó được tìm thấy trước tiên trên Mặt Trời, chứ không phải trên Trái Đất. (Năm 1868, các nhà khoa học đã phân tích ánh sáng từ Mặt Trời được truyền qua một lăng kính. Tia sáng mặt trời bị bẻ quặt đã tách ra thành một dải cầu vồng nhiều màu sắc và các vạch quang phổ thông thường, nhưng các nhà khoa học cũng phát hiện ra các vạch quang phổ mờ nhạt do một nguyên tố bí ẩn chưa từng biết trước đó gây ra. Họ lầm tưởng nó là một kim loại, mà tên gọi Latinh của kim loại thường có đuôi "ium", giống như *lithium* (liti) và *uranium* (urani). Vì vậy, họ đã đặt tên Latinh cho kim loại bí ẩn này là *helium*, dựa theo một từ trong tiếng Hy Lạp chỉ mặt trời là "helios". Cuối cùng vào năm 1895, hêli được tìm thấy trên Trái Đất trong trầm tích urani, và các nhà khoa học bối rối phát hiện ra rằng đó là một chất khí phi kim, chứ không phải là một kim loại. Như vậy, hêli được phát hiện trên Mặt Trời trước tiên và đã ra đời với cái tên nhầm lẫn.)

Nếu đúng là hêli nguyên thủy chủ yếu được tạo ra trong các ngôi sao, như Hoyle đã tin tưởng, thì nó phải khá hiếm và được tìm thấy gần các lõi của các ngôi sao. Nhưng tất cả các dữ liệu thiên văn học đã chỉ ra rằng hêli thực tế khá dồi dào, nó chiếm khoảng 25% khối lượng của các nguyên tử trong vũ trụ. Người ta thấy nó phân bố đồng đều trong khắp vũ trụ (như Gamow tin tưởng).

Ngày nay, chúng ta biết rằng cả thuyết của Gamow lẫn Hoyle đều có một phần sự thật liên quan tới tổng hợp hạt nhân. Gamow ban đầu nghĩ rằng tất cả các nguyên tố hóa học là bụi hay tro của vụ nổ lớn. Nhưng thuyết của ông đã chịu thua cái hào chướng ngại vật ở mức 5 hạt và 8 hạt. Hoyle nghĩ rằng ông có thể quét sạch hoàn toàn thuyết vụ nổ lớn bằng cách chỉ ra rằng các ngôi sao tự "nấu" tất cả các nguyên tố, mà không cần viện tới vụ nổ lớn một chút nào. Nhưng thuyết của ông đã không giải thích được sự dồi dào phổ biến của hêli mà hiện nay chúng ta thấy trong vũ trụ.

Về bản chất, Gamow và Hoyle đã cho chúng ta một hình ảnh bổ sung cho nhau về tổng hợp hạt nhân. Các nguyên tố rất nhẹ có khối lượng lên tới 5 và 8 quả thật đã được tạo ra trong vụ nổ lớn, như Gamow đã tin. Ngày nay, nhờ các phát hiện trong vật lý, chúng ta biết rằng vụ nổ lớn đã sản xuất phần lớn đoteri, hêli-3, hêli-4, và liti-7 mà chúng ta thấy trong tự nhiên. Nhưng các nguyên tố nặng hơn cho tới sắt đã được nấu trong lõi của các ngôi sao, như Hoyle đã tin. Nếu chúng ta bổ sung thêm các nguyên tố xếp sau sắt (như đồng, kẽm và vàng) được thổi bắn ra ngoài do nhiệt cực nóng của một sao siêu mới, thì chúng ta có một bức tranh hoàn chỉnh giải thích mức độ phổ biến tương đối của tất cả các nguyên tố trong vũ trụ. (Bất cứ thuyết đối thủ nào đối với vũ trụ học hiện đại sẽ có nhiệm vụ nan giải: giải thích mức độ phổ biến tương đối của một trăm có lẻ các nguyên tố trong vũ trụ và vô số các đồng vị của chúng.)

CÁC NGÔI SAO SINH RA NHƯ THẾ NÀO

Sản phẩm phụ duy nhất của cuộc tranh luận căng thẳng này về tổng hợp hạt nhân là nó đã cho chúng ta một miêu tả khá hoàn chỉnh về vòng đời của các ngôi sao. Một ngôi sao điển hình như Mặt Trời của chúng ta bắt đầu cuộc sống ở dạng một quả bóng khí hyđrô khuếch tán lớn gọi là tiền sao và dần dần co lại dưới tác động của hấp dẫn. Khi nó bắt đầu suy sụp (co mạnh), nó bắt đầu quay tròn rất nhanh (thường dẫn tới sự hình thành của hệ sao đôi, với hai ngôi sao đuổi theo nhau trong một quỹ đạo hình elip, hoặc hình thành các hành tinh trong mặt phẳng quay của ngôi sao). Lõi của ngôi sao cũng nóng lên dữ dội cho đến khi đạt khoảng 10 triệu độ hoặc cao hơn, khi sự hợp hạch của hyđrô thành hêli diễn ra.

Sau khi ngôi sao này bừng cháy, nó được gọi là sao dải chính và nó có thể cháy sáng trong khoảng 10 tỉ năm, trong thời gian đó lõi của nó từ từ chuyển đổi từ hyđrô thành hêli phế thải. Mặt Trời của chúng ta hiện đang ở khoảng giữa của quá trình này. Sau khi kỷ nguyên đốt cháy hyđrô kết thúc, ngôi sao bắt đầu đốt cháy hêli, và rồi nó dãn nở ra rất nhiều đến khi bằng kích thước của quỹ đạo sao Hỏa và trở thành một "sao kềnh đỏ". Sau khi nhiên liệu hêli trong lõi đã cạn kiệt, các lớp bên ngoài của ngôi sao tiêu tán, để lại chính phần lõi thành một "sao lùn trắng" cỡ bằng Trái Đất. Những ngôi sao nhỏ hơn, như Mặt

Trời của chúng ta, sẽ chết trong không gian dưới dạng những tảng nguyên liệu hạt nhân không dùng được nữa trong các sao lùn trắng.

Nhưng trong những ngôi sao có khối lượng có lẽ gấp từ 10 tới 40 lần Mặt Trời của chúng ta, quá trình hợp hạch diễn tiến nhanh chóng hơn. Khi ngôi sao loại này trở thành một sao kềnh đỏ, lõi của nó nhanh chóng hợp hạch các nguyên tố nhẹ hơn, do đó, nó giống như một ngôi sao lai: một sao lùn trắng bên trong một sao kềnh đỏ. Trong sao lùn trắng này, các nguyên tố nhẹ hơn sắt trong bảng tuần hoàn các nguyên tố có thể được tạo ra. Khi quá trình hợp hạch đạt tới giai đoạn mà nguyên tố sắt được tạo ra, thì không còn có thể rút được năng lượng ra từ quá trình hợp hạch, vì thế lò phản ứng hạt nhân này, sau hàng tỉ năm, cuối cùng sẽ tắt. Tại thời điểm này, ngôi sao đột ngột suy sụp, tạo ra áp lực rất lớn đẩy các electron vào các hạt nhân (mật độ có thể vượt trên 400 tỉ lần mật độ của nước). Điều này làm nhiệt độ tăng lên tới hàng nghìn tỉ độ. Năng lượng hấp dẫn bị nén trong thiên thể nhỏ xíu này nổ tung thành một sao siêu mới. Sức nóng dữ dội của quá trình này làm cho hợp hạch lại bắt đầu một lần nữa, và các nguyên tố nặng hơn sắt (xếp sau sắt) trên bảng tuần hoàn được tổng hợp.

Chẳng hạn, sao kềnh đỏ Betelgeuse, có thể dễ dàng nhìn thấy trong chòm sao Thợ Săn (Orion), là không ổn định, nó có thể phát nổ bất cứ lúc nào như một sao siêu mới, phun trào một lượng lớn các tia gamma và tia X vào vùng lân cận. Khi điều đó xảy ra, sao siêu mới này sẽ được nhìn thấy vào ban ngày và ban đêm có thể sáng hơn Mặt Trăng. (Người ta từng nghĩ rằng năng lượng khổng lồ phát ra từ một sao siêu mới đã tiêu diệt khủng long 65 triệu năm trước. Quả thật, một sao siêu mới cách xa khoảng 10 năm ánh sáng có thể kết thúc mọi hình thái sự sống trên Trái Đất. May mắn thay, những ngôi sao kềnh như Spica và Betelgeuse cách xa tương ứng 260 và 430 năm ánh sáng, quá xa nên không thể gây ra thiệt hại nghiêm trọng cho Trái Đất khi chúng nổ tung. Nhưng một vài nhà khoa học tin rằng một vụ tuyệt chủng nhỏ của sinh vật biển 2 triệu năm trước đây là do một vụ nổ sao siêu mới của một ngôi sao cách xa chúng ta 120 năm ánh sáng gây ra.)

Điều này cũng có nghĩa là Mặt Trời của chúng ta không phải là "mẹ đẻ" thực sự của Trái Đất. Mặc dù nhiều dân tộc trên Trái Đất tôn thờ Mặt Trời như một vị thần đã sinh ra Trái Đất, nhưng điều này chỉ đúng phần nào. Tuy Trái Đất ban đầu được tạo ra từ Mặt Trời (là một phần của các mảnh vụn và tro bụi đã luân chuyển vòng quanh Mặt Trời trên mặt phẳng hoàng đạo 4,5 tỉ năm trước), nhưng Mặt Trời của chúng ta chỉ vừa đủ nóng để hợp hạch hyđrô thành hêli. Điều này có nghĩa là Mặt Trời "mẹ đẻ" thực sự của chúng ta là một ngôi sao vô danh hoặc một tập hợp các ngôi sao đã chết đi cách đây hàng tỉ năm trong một sao siêu mới, để sau đó gieo rắc cho các tinh vân lân cận những nguyên tố nặng hơn sắt để tạo nên cơ thể của chúng ta. Theo đúng nghĩa đen thì cơ thể của chúng ta được làm từ tro bụi sao, từ các ngôi sao đã chết hàng tỉ năm trước.

Hậu quả của một vụ nổ sao siêu mới còn có một tàn tích nhỏ gọi là sao nơtron, hợp thành từ vật chất hạt nhân rắn bị nén tới kích thước cỡ bằng khu Manhattan ở New York, có kích thước gần 20 dặm [32 km] (sao nơtron được nhà thiên văn Thụy Sĩ Fritz Zwicky dự báo lần đầu tiên vào năm 1933, nhưng dường như chúng quái dị tới mức đã bị các nhà khoa học bỏ qua trong nhiều thập niên). Vì sao nơtron phát xạ không đều đặn và cũng quay nhanh, nên nó giống như một ngọn hải đăng quay, vừa phun bức xạ vừa quay. Nhìn từ Trái Đất, sao nơtron dường như phập phồng co dãn theo nhịp xung, do đó được gọi là sao xung.

Những ngôi sao nào cực lớn, có khối lượng có lẽ lớn hơn 40 lần khối lượng Mặt Trời, khi cuối cùng trải qua một vụ nổ sao siêu mới, có thể sẽ để lại đằng sau một sao nơtron còn lớn hơn 3 lần khối lượng Mặt Trời. Lực hấp dẫn của sao nơtron này lớn tới mức nó có thể chống chọi được lực đẩy giữa các nơtron, và ở ngôi sao sẽ xảy ra sự suy sụp cuối cùng rồi thành một thiên thể có lẽ là kỳ dị nhất trong vũ trụ: một lỗ đen, mà tôi sẽ thảo luận trong chương năm.

PHÂN CHIM VÀ VỤ NỔ LỚN

Nhát đâm kết liễu vào tim thuyết vũ trụ tĩnh định là phát hiện của Arno Penzias và Robert Wilson trong năm 1965. Làm việc với kính thiên văn vô tuyến ăng ten sừng đường kính 6 m tại Phòng thí nghiệm Bell ở thị trấn Holmdel, bang New Jersey, họ tìm kiếm các tín hiệu vô tuyến từ bầu trời và bắt được một nhiễu tạp không mong muốn. Họ đã nghĩ rằng có lẽ đó là một sự sai lệch nào đó, vì nó dường như đến đồng nhất từ mọi hướng, chứ không phải từ một ngôi sao hay một thiên hà đơn lẻ. Nghĩ rằng nhiễu này có thể bắt nguồn từ bụi đất và mảnh vụn, họ đã cẩn thận lau sạch những gì mà Penzias đã miêu tả là "một lớp vật liệu điện môi che phủ màu trắng" (thường được gọi là "phân chim") đã phủ lên lỗ mở của kính viễn vọng vô tuyến này. Thế nhưng sau đó nhiễu này dường như còn lớn hơn. Mặc dù vẫn còn chưa biết nó là cái gì, họ đã ngẫu nhiên bắt gặp nền vi sóng mà nhóm của Gamow đã dự đoán từ năm 1948.

Lúc ấy lịch sử vũ trụ học đọc lên hơi giống như những anh chàng cảnh sát Keystone(1), với ba nhóm độc lập mò mẫm tìm câu trả lời. Ở một phía, Gamow, Alpher và Herman đã trình bày một lý thuyết đứng đằng sau nền vi sóng từ năm 1948, họ cũng đã dự đoán nhiệt độ của bức xạ vi sóng là 5 độ trên độ không tuyệt đối. Tuy nhiên, họ đã từ bỏ cố gắng đo bức xạ nền của không gian, vì các công cụ khi đó không đủ nhạy để phát hiện nó. Năm 1965, Penzias và Wilson phát hiện được bức xạ vật đen này nhưng không biết nó là cái gì. Trong khi đó, nhóm thứ ba, do Robert Dicke của Đại học Princeton, đã tái khám phá một cách độc lập thuyết của Gamow cùng các cộng sự của ông này và đã tích cực tìm kiếm bức xạ nền, nhưng thiết bị của họ quá thô sơ nên không tìm thấy nó.

Tình trạng khôi hài này đã kết thúc khi một người bạn chung là nhà thiên văn Bernard Burke đã thông báo cho Penzias công việc của Robert Dicke. Khi rốt cuộc hai nhóm liên kết lại, thì mới rõ ra là Penzias và Wilson đã phát hiện thấy các tín hiệu từ chính vụ nổ lớn. Vì phát hiện quan trọng này, Penzias và Wilson đã đoạt giải Nobel năm 1978.

---

1. Những nhân vật ngô nghê trong loạt phim hài câm của hãng phim Keystone do Mack Sennett làm đạo diễn, sản xuất từ năm 1912 tới năm 1917.

Sau này nhìn lại mới thấy Hoyle và Gamow, hai đại diện nổi bật nhất của hai thuyết đối lập nhau, đã có một cuộc gặp định mệnh trong một chiếc xe Cadillac vào năm 1956, mà rất có thể đã thay đổi tiến trình của vũ trụ học. "Tôi nhớ là George đã lái xe đưa tôi đi lòng vòng trên một chiếc Cadillac màu trắng", Hoyle nhớ lại. Gamow lặp đi lặp lại niềm tin của ông với Hoyle rằng vụ nổ lớn đã để lại một ánh tàn dư mà ngày nay vẫn có thể nhìn thấy. Tuy nhiên, các số liệu mới nhất của Gamow lại cho rằng nhiệt độ của ánh tàn dư đó ở mức 50 độ. Khi đó, Hoyle đã hé cho Gamow biết một điều kinh ngạc. Hoyle biết đến một bài báo ít người biết tới, được Andrew McKellar viết vào năm 1941, chỉ ra rằng nhiệt độ của vũ trụ không thể vượt quá 3 độ. Ở nhiệt độ cao hơn, các phản ứng hoàn toàn mới có thể xảy ra để tạo ra các gốc cacbon-hyđrô (CH) và cacbon-nitơ (CN) ở trạng thái kích thích trong vũ trụ. Bằng cách đo các quang phổ của các hóa chất này, người ta có thể xác định được nhiệt độ của vũ trụ phía ngoài. Trên thực tế, ông thấy rằng mật độ của các phân tử CN mà ông đã phát hiện trong không gian chỉ ra một nhiệt độ khoảng 2,3 K. Nói cách khác, bức xạ nền 2,7 K đã được phát hiện gián tiếp vào năm 1941 mà Gamow không hề biết.

Hoyle nhớ lại: "Hoặc là do tiện nghi quá tốt của chiếc xe Cadillac, hoặc là do George muốn có một nhiệt độ cao hơn 3 K, trong khi tôi lại muốn một nhiệt độ bằng 0, nên chúng tôi đã bỏ lỡ cơ hội lần ra phát hiện mà Arno Penzias và Robert Wilson thực hiện chín năm sau đó."* Nếu nhóm của Gamow không gây ra một sai số và cho ra một nhiệt độ thấp hơn, hoặc nếu Hoyle không thù địch như vậy với thuyết vụ nổ lớn thì có lẽ lịch sử đã có thể được viết ra theo cách khác.

DƯ CHẤN CỦA VỤ NỔ LỚN ĐẾN CÁC CÁ NHÂN

Phát hiện ra nền vi sóng của Penzias và Wilson đã có một tác động rõ rệt tới sự nghiệp của Gamow và Hoyle. Đối với Hoyle, công trình của Penzias và Wilson là một trải nghiệm chí mạng. Cuối cùng, trong tạp chí *Nature* vào năm 1965, Hoyle đã chính thức thừa nhận thất bại, viện dẫn nền vi sóng và sự dồi dào của hêli là các lý do để từ bỏ thuyết vũ trụ tĩnh định của mình. Nhưng những gì thực sự đã làm ông bối rối là thuyết vũ trụ tĩnh định đã đánh mất sức mạnh dự đoán của nó: "Nhiều người tin rằng sự tồn tại của nền vi sóng đã tiêu diệt vũ trụ luận về 'trạng thái tĩnh định', nhưng những gì thực sự đã giết chết thuyết vũ trụ tĩnh định là tâm lý... Chính tại đây, trong cái nền vi sóng này, là một hiện tượng quan trọng mà nó đã không dự đoán được... Trong nhiều năm, điều này đã làm cho tôi mất tự tin rất nhiều".* (Hoyle sau này thay đổi bản thân, cố gắng vá víu thuyết vũ trụ tĩnh định bằng những biến thể mới, nhưng mỗi biến thể ngày càng trở nên kém hợp lý hơn.)

Thật không may, vấn đề ai được coi là người đầu tiên phát hiện đã để lại một dư vị khó chịu ở Gamow. Gamow, nếu ngẫm suy luận ra, đã không hài lòng rằng công trình của ông và công trình của Alpher và Herman hiếm khi được đề cập. Cho dù vẫn giữ lịch sự, ông đã không nói gì về những cảm xúc của mình, nhưng trong những thư từ cá nhân ông đã viết rằng thật không công bằng khi các nhà vật lý và các nhà sử học lại có thể hoàn toàn bỏ qua công trình của họ.

Mặc dù công trình của Penzias và Wilson là một đòn lớn giáng vào thuyết vũ trụ tĩnh định và giúp cho vụ nổ lớn đứng vững trên nền tảng thực nghiệm, đã có những khoảng trống lớn trong sự hiểu biết của chúng ta về cấu tạo của vũ trụ dãn nở. Chẳng hạn, trong vũ trụ Friedmann, để hiểu được sự phát triển của nó, người ta phải biết giá trị của omega (Ω), sự phân bố trung bình của vật chất trong vũ trụ. Tuy nhiên, việc xác định omega đã trở nên hết sức khó khăn khi người ta nhận ra rằng phần lớn vũ trụ đã không hợp thành từ các nguyên tử và các phân tử quen thuộc, mà từ một thứ vật chất mới kỳ lạ gọi là "vật chất tối", nhiều hơn vật chất thông thường gấp 10 lần. Một lần nữa, những người đi đầu trong lĩnh vực này đã không được phần còn lại của cộng đồng thiên văn để ý một cách nghiêm túc.

OMEGA VÀ VẬT CHẤT TỐI

Câu chuyện về vật chất tối có lẽ là một trong những chương kỳ lạ nhất trong vũ trụ học. Trở lại thập niên 1930, nhà thiên văn người Thụy Sĩ không theo một khuôn phép nào là

Fritz Zwicky của Cal Tech nhận thấy rằng các thiên hà trong quần thiên hà Tóc Tiên (Coma) không di chuyển chính xác theo học thuyết hấp dẫn của Newton. Ông thấy các thiên hà này di chuyển nhanh tới mức lẽ ra chúng phải bay tứ tán và đám thiên hà này phải tan rã, nếu tuân theo các định luật Newton về chuyển động. Ông nghĩ rằng cách duy nhất mà quần thiên hà Tóc Tiên có thể được giữ lại với nhau, thay vì bay tứ tán ra ngoài, là cụm này phải có lượng vật chất nhiều hơn hàng trăm lần so với lượng vật chất có thể nhìn thấy được bằng kính thiên văn. Hoặc là các định luật Newton vì lý do nào đó đã không còn đúng ở các khoảng cách tầm thiên hà hoặc đã có một lượng rất lớn vật chất vô hình bị bỏ sót trong quần thiên hà Tóc Tiên đã giữ nó lại cùng nhau.

Điều này là dấu hiệu đầu tiên trong lịch sử rằng có một cái gì đó hết sức không ổn liên quan tới sự phân bố của vật chất trong vũ trụ. Điều không may là các nhà thiên văn đã đồng loạt từ chối hoặc bỏ qua công trình tiên phong này của Zwicky, vì vài lý do.

Trước hết, các nhà thiên văn khó có thể chấp nhận rằng thuyết hấp dẫn của Newton, vốn đã thống trị vật lý trong vài thế kỷ, lại có thể không đúng. Có một tiền lệ để xử lý các khủng hoảng giống như vậy trong thiên văn học. Khi quỹ đạo của sao Thiên Vương được phân tích trong thế kỷ 19, người ta thấy rằng nó bị lắc lư - bị lệch một lượng nhỏ so với các phương trình của Isaac Newton. Vì vậy, hoặc là Newton sai, hoặc phải có một hành tinh mới mà lực hấp dẫn của nó đã lôi kéo sao Thiên Vương. Hóa ra điều thứ hai là đúng, và sao Hải Vương được tìm thấy ngay từ nỗ lực đầu tiên vào năm 1846 bằng việc phân tích vị trí dự đoán của nó theo các định luật Newton.

Thứ hai, có vấn đề liên quan đến tính cách của Zwicky và đến việc các nhà thiên văn đã đối xử với những "kẻ ngoại đạo" như thế nào. Zwicky là một người nhìn xa trông rộng nhưng thường hay bị chế giễu hay bị bỏ qua trong suốt cuộc đời. Năm 1933, cùng với Walter Baade, ông đã đặt ra từ "supernova" ("sao siêu mới") và dự đoán đúng rằng một sao notron nhỏ, kích thước khoảng 14 dặm (22,5 km), sẽ là tàn tích cuối cùng của một ngôi sao nổ tung. Ý tưởng này kỳ dị tới mức nó đã bị đả kích trong một bức tranh biếm họa trên nhật báo *Los Angeles Times* vào ngày 19 tháng 1 năm 1934. Zwicky tức giận một nhóm nhỏ các nhà thiên văn thượng lưu, những kẻ mà ông nghĩ rằng đã ra sức không công nhận ông, đã ăn cắp các ý tưởng của ông và không cho ông làm việc trên các kính viễn vọng 100 và 200 inch (2,5 m và 5 m). (Ngay trước khi ông qua đời vào năm 1974, Zwicky tự xuất bản một danh lục liệt kê các thiên hà. Danh lục này mở đầu với tiêu đề: "Một lời nhắc nhở với các Tu sĩ Cao cấp của Thiên văn học Mỹ và những kẻ nịnh hót họ." Bài tiểu luận này đã đưa ra lời phê phán nghiêm khắc bản chất bè phái, hẹp hòi của tầng lớp thượng lưu trong giới thiên văn học, những kẻ có xu hướng loại trừ những người không tuân theo khuôn phép như ông. "Ngày nay những kẻ nịnh hót và những kẻ trộm cắp rõ ràng dường như được tự do, trong hội Thiên văn học Mỹ nói riêng, chiếm đoạt các khám phá và các sáng kiến do những con sói cô độc và những kẻ không theo lề thói tạo ra,"* ông đã viết như vậy. Ông còn gọi các cá nhân này là "những kẻ chết tiệt béo tròn," bởi vì "chúng là những kẻ chết tiệt theo bất kỳ cách nào bạn nhìn chúng." Ông còn điên tiết vì đã bị gạt ra khi giải Nobel được trao cho người khác do thành tích phát hiện ra sao notron.*)

Năm 1962, vấn đề lạ lùng nói trên trong chuyển động thiên hà được nhà thiên văn Vera Rubin tái khám phá. Bà đã nghiên cứu chuyển động quay của Ngân Hà và nhận thấy cùng một vấn đề; thế nhưng bà cũng đã nhận được cái nhún vai lạnh lùng từ cộng đồng thiên văn học. Thông thường, một hành tinh càng xa Mặt Trời thì nó càng di chuyển chậm. Và càng gần thì nó càng di chuyển nhanh. Lý do sao Thủy được đặt tên theo thần tốc độ(1) vì nó quá gần Mặt Trời, và vận tốc của sao Diêm Vương chậm hơn vận tốc của sao Thủy 10 lần vì nó ở xa Mặt Trời nhất. Tuy nhiên, khi Vera Rubin phân tích những ngôi sao xanh lam trong thiên hà của chúng ta, bà nhận thấy rằng những ngôi sao

---

1. Sao Thủy trong các ngôn ngữ phương Tây được đặt theo tên thần Mercury, vị thần truyền tin trong thần thoại La Mã.

đó quay quanh thiên hà với cùng một tốc độ, không phụ thuộc vào khoảng cách của chúng đến tâm thiên hà (gọi là đồ thị tốc độ quay không đổi[1]), do đó chúng vi phạm các quy tắc của cơ học Newton. Trên thực tế, bà nhận thấy rằng Ngân Hà quay nhanh tới mức đúng ra thì nó phải bay nở tóe ra. Tuy nhiên, Ngân Hà vẫn khá ổn định trong khoảng 10 tỉ năm nay; quả là bí ẩn không rõ tại sao đồ thị lại chạy theo phương ngang. Để giữ cho thiên hà không bị tan rã, nó phải nặng gấp 10 lần mức độ mà các nhà khoa học hiện đang hình dung. Rõ ràng, 90% khối lượng của Ngân Hà đã bị bỏ sót!

Vera Rubin đã không được để ý tới, một phần vì bà là phụ nữ. Với một sự đau xót nhất định, bà nhớ lại rằng, khi bà nộp đơn thi vào Đại học Swarthmore College theo chuyên ngành khoa học và tình cờ nói với viên chức của bộ phận tuyển sinh rằng bà thích vẽ, người phỏng vấn đã hỏi: "Đã bao giờ bạn xem xét một nghề nghiệp mà công việc là vẽ những bức tranh về các thiên thể chưa?" bà nhớ lại. "Điều đó đã trở thành một câu nói vui trong gia đình tôi: trong nhiều năm, bất cứ khi nào có điều gì đó không ổn với bất kỳ ai, chúng tôi lại nói: 'Đã bao giờ bạn xem xét một nghề nghiệp mà công việc là vẽ những bức tranh về các thiên thể chưa?'"* Khi bà nói với thầy giáo vật lý trường trung học phổ thông của bà rằng bà đã được nhận vào trường Vassar, ông thầy liền đáp: "Em sẽ ổn miễn là không lao vào khoa học." Sau đó bà nhớ lại: "Phải có nghị lực phi thường để nghe những điều như thế mà không bị đánh gục."

Sau khi tốt nghiệp, Rubin nộp đơn và được chấp nhận vào Harvard, nhưng bà đã từ bỏ vì bà đi lấy chồng và theo chồng mình, một nhà hóa học, tới Cornell. (Bà nhận được một bức thư hồi đáp từ Harvard, với dòng chữ viết tay được viết ở phía dưới: "Những phụ nữ chết tiệt. Cứ mỗi khi tôi nhận được một cô nàng được việc, thì cô ta lại bỏ cuộc và đi lấy chồng.") Gần đây, bà tham dự một hội nghị thiên văn học tại Nhật Bản, và bà là người phụ nữ duy nhất tại đó. "Quả thật suốt một thời gian dài tôi không thể kể câu chuyện đó mà không rơi nước mắt, vì chắc chắn trong một thế hệ... chắc chả có mấy thay đổi," bà thú nhận.

---

[1] Đồ thị thể hiện vận tốc quay của các sao trong thiên hà lấy theo biến số khoảng cách đến tâm thiên hà cho thấy ban đầu vận tốc quay tăng lên khi ngôi sao xa dần tâm, nhưng đến một giá trị khoảng cách nhất định thì vận tốc quay của sao gần như không đổi cho dù khoảng cách tăng lên. Do đó nó được gọi là flat rotation curve (đồ thị tốc độ quay không đổi).

Tuy nhiên, sức nặng đáng kể từ công trình cẩn thận của bà, và công trình của những người khác, đã dần dần thuyết phục cộng đồng thiên văn về vấn đề khối lượng vật chất bị bỏ sót. Vào năm 1978, Rubin và các đồng nghiệp của bà đã kiểm tra mười một thiên hà xoắn ốc; tất cả chúng đều quay quá nhanh nên nếu theo các định luật của Newton thì chúng không thể ở lại cùng nhau. Cùng năm đó, nhà thiên văn vô tuyến Hà Lan là Albert Bosma đã công bố phân tích hoàn thiện nhất về hàng chục thiên hà xoắn ốc, gần như tất cả chúng đều thể hiện cùng một hành vi dị thường. Điều này cuối cùng dường như đã thuyết phục được cộng đồng thiên văn rằng vật chất tối quả thật có tồn tại.

Giải pháp đơn giản nhất cho vấn đề cùng quẫn này là giả định rằng các thiên hà được bao quanh bởi một quầng vô hình có chứa vật chất nhiều gấp 10 lần bản thân các ngôi sao. Kể từ đó, các phương pháp khác tinh vi hơn đã được phát triển để đo đạc sự hiện diện của thứ vật chất vô hình này. Một trong những phương pháp ấn tượng nhất là đo sự biến dạng của ánh sáng sao khi nó di chuyển qua vật chất vô hình. Giống như các mắt kính của đôi kính của bạn, vật chất tối có thể uốn cong ánh sáng (do khối lượng khổng lồ nên nó có lực hấp dẫn lớn). Gần đây, bằng phân tích kỹ lưỡng các bức ảnh của kính viễn vọng không gian Hubble nhờ máy tính, các nhà khoa học đã có thể xây dựng các bản đồ phân bố của vật chất tối trong khắp vũ trụ.

Một cuộc tranh giành ác liệt đã xảy ra để khám phá xem vật chất tối được hình thành từ cái gì. Một số nhà khoa học nghĩ rằng nó có thể bao gồm vật chất thông thường, ngoại trừ rằng nó rất mờ (có nghĩa là, hợp thành từ các sao lùn nâu(1), sao nơtron, lỗ đen, v.v. tất cả gần như là vô hình). Những thiên thể như vậy được gộp lại với nhau thành "vật chất baryon", nghĩa là vật chất hợp thành từ các hạt baryon[1] quen thuộc (như các nơtron và proton). Chúng được gọi một cách tập thể là các MACHO (viết tắt trong tiếng Anh của massive compact halo objects, nghĩa là "các vật thể đặc nặng của quầng").

---

(1) Sao lùn nâu là loại sao "thui chột", có kích thước nhỏ nên không có đủ năng lượng để khởi phát phản ứng hạt nhân và phát sáng như sao thường. Chúng chỉ phát ra các tia hồng ngoại.

Những người khác thì nghĩ rằng vật chất tối có thể bao gồm vật chất phi baryon rất nóng, như các nơtrino (gọi là vật chất tối nóng). Tuy nhiên, các nơtrino di chuyển nhanh tới mức không thể lấy chúng để giải thích cho phần lớn sự kết tụ của vật chất tối và các thiên hà mà chúng ta thấy trong tự nhiên. Còn những người khác thì giơ cả hai tay lên trời chịu thua với ý nghĩ rằng vật chất tối hợp thành từ một kiểu vật chất hoàn toàn mới, được gọi là "vật chất tối lạnh", hoặc các WIMP (viết tắt trong tiếng Anh của "weakly interacting massive particles", nghĩa là "các hạt nặng tương tác yếu"), ứng viên hàng đầu để giải thích hầu hết vật chất tối.

VỆ TINH COBE

Sử dụng kính viễn vọng (kính thiên văn) thông thường, công cụ đắc lực và đáng tin cậy của thiên văn học kể từ thời Galileo, người ta không thể giải quyết được bí ẩn của vật chất tối. Thiên văn học đã tiến xa đáng kể bằng việc sử dụng các công cụ quang học tiêu chuẩn nằm trên mặt đất. Tuy nhiên, trong thập niên 1990, một thế hệ các công cụ thiên văn mới đã hoàn thiện, sử dụng những thành tựu mới nhất trong công nghệ vệ tinh, laser, máy tính và làm thay đổi hoàn toàn bộ mặt của vũ trụ học.

Một trong những thành quả đầu tiên là vệ tinh COBE, được phóng lên vào tháng 11 năm 1989. Trong khi công việc ban đầu của Penzias và Wilson chỉ xác nhận một số ít điểm dữ liệu phù hợp với vụ nổ lớn, thì vệ tinh COBE đã có thể đo được rất nhiều điểm dữ liệu phù hợp chính xác với dự đoán bức xạ vật đen do Gamow và các đồng nghiệp của ông đưa ra vào năm 1948.

---

[1] Một loại hạt hạ nguyên tử nặng (baryon gốc từ tiếng Hy Lạp nghĩa là "nặng") gồm ba hạt quark, cùng với loại hạt meson nhẹ hơn tạo nên họ hạt hadron chịu lực tương tác hạt nhân mạnh.

Năm 1990, tại một cuộc họp của Hội Thiên văn Mỹ, 1.500 nhà khoa học đã đồng loạt đứng cả dậy đột ngột vỗ tay như sấm khi họ thấy các kết quả của COBE được chiếu lên màn hình, chỉ ra sự phù hợp gần như hoàn hảo với nền vi sóng có nhiệt độ 2,728 K.

Jeremiah P. Ostriker, nhà thiên văn từ Princeton, đã nhận xét: "Khi các hóa thạch được tìm thấy trong đá, nó đã làm cho nguồn gốc muôn loài trở nên hoàn toàn rõ ràng. Vâng, COBE đã tìm thấy các hóa thạch [của vũ trụ]."*

Tuy nhiên, các hình chiếu từ COBE là khá mờ nhạt. Chẳng hạn, khi các nhà khoa học muốn phân tích các "điểm nóng" hoặc các thăng giáng trong bức xạ nền vũ trụ, thì các thăng giáng đó phải có kích thước khoảng một độ trên bầu trời. Nhưng các công cụ của COBE chỉ có thể phát hiện các thăng giáng có kích thước từ 7 độ trở lên; chúng không đủ nhạy để phát hiện các điểm nóng nhỏ. Các nhà khoa học đã buộc phải đợi các kết quả của vệ tinh WMAP, được phóng lên vào đầu thế kỷ 21, vệ tinh mà họ hy vọng sẽ giải quyết được một loạt các câu hỏi và bí ẩn như vậy.

CHƯƠNG BỐN

LẠM PHÁT VÀ CÁC VŨ TRỤ SONG SONG

Không gì không thể đến từ không có gì.

- Lucretius

Tôi cho rằng Vũ trụ của chúng ta quả thật đã xuất hiện từ hư vô khoảng 10 tỉ năm trước đây... Tôi đưa ra đề xuất khiêm tốn rằng Vũ trụ của chúng ta chỉ đơn giản là một trong những cái lâu lâu lại xảy ra.

- Edward Tryon

Vũ trụ là bữa ăn trưa miễn phí cuối cùng.

- Alan Guth

Trong tiểu thuyết khoa học giả tưởng kinh điển *Tau Zero* (Tau Không)(1), do Poul Anderson viết, một tàu vũ trụ mang tên Leonora Christine được phóng đi tới gần các ngôi sao lân cận. Mang theo 50 người, con tàu có thể đạt tốc độ gần với tốc độ ánh sáng khi di chuyển tới một hệ sao mới. Quan trọng hơn, con tàu sử dụng nguyên lý của thuyết tương đối hẹp, theo đó thì thời gian chậm lại bên trong con tàu khi nó di chuyển nhanh hơn. Do đó, một chuyến đi tới những ngôi sao lân cận phải mất hàng thập kỷ, khi lấy theo thời gian trên Trái Đất, lại dường như chỉ kéo dài vài năm đối với các nhà du hành. Đối với một người quan sát trên Trái Đất theo dõi các nhà du hành bằng kính viễn vọng, thì dường như họ đã bị đóng băng về thời gian, đến mức họ ở trong tình trạng chết giả. Nhưng đối với các nhà du hành trên tàu thì thời gian diễn ra bình thường. Khi con tàu vũ trụ giảm tốc độ và các nhà du hành đổ bộ xuống một thế giới mới, họ sẽ thấy rằng họ đã du hành 30 năm ánh sáng chỉ trong vài năm.

---

(1) Tau (τ): hệ số co ngắn thời gian, phụ thuộc vào vận tốc của vật. Khi vận tốc của vật tiến tới vận tốc ánh sáng thì tau tiến tới 0.

Con tàu này là một kỳ tích trong công nghệ, nó được cung cấp năng lượng bằng các động cơ nhiệt hạch phản lực động áp (ramjet) hút hyđrô từ không gian sâu thẳm và sau đó đốt nó để có một năng lượng vô hạn. Nó di chuyển nhanh tới mức phi hành đoàn thậm chí có thể thấy sự dịch chuyển kiểu hiệu ứng Doppler của ánh sáng sao; những ngôi sao ở phía trước họ dường như hơi xanh, trong khi các ngôi sao ở phía sau họ dường như hơi đỏ.

Sau đó, một tai họa thình lình xảy ra. Khi ở cách Trái Đất khoảng 10 năm ánh sáng, con tàu trải qua một dòng chảy rối khi nó vượt qua một đám mây bụi liên sao, và cơ chế giảm tốc của nó vĩnh viễn ngừng hoạt động. Phi hành đoàn hốt hoảng thấy mình bị mắc kẹt trên một con tàu vũ trụ đang lao ra xa, tăng tốc ngày càng nhanh hơn khi nó tiến gần tới tốc độ ánh sáng. Họ nhìn một cách bất lực khi con tàu mất kiểm soát vượt qua các hệ sao chỉ trong vài phút. Trong vòng một năm, con tàu bay vèo qua một nửa Ngân Hà. Vì nó tăng tốc ngoài tầm kiểm soát nên nó bay vượt qua các thiên hà chỉ trong vài tháng, trong khi đó hàng triệu năm đã trôi qua trên Trái Đất. Chẳng mấy chốc họ đã du hành quá gần với tốc độ ánh sáng, với tau gần bằng 0, tới mức họ chứng kiến các sự kiện vũ trụ, khi bản thân vũ trụ bắt đầu già đi ngay trước mắt họ.

Cuối cùng, họ thấy rằng sự dãn nở ban đầu của vũ trụ bị đảo ngược, và bản thân vũ trụ đang co lại. Nhiệt độ bắt đầu tăng vọt lên, khi họ nhận ra rằng họ đang lao vào một vụ co lớn. Các thành viên phi hành đoàn âm thầm cầu nguyện khi nhiệt độ tăng lên vùn vụt, các thiên hà bắt đầu kết vón lại, và một nguyên tử nguyên thủy vũ trụ hình thành trước mắt họ. Cái chết hỏa táng dường như không thể tránh khỏi.

Hy vọng duy nhất của họ là vật chất sẽ suy sụp vào một khu vực hữu hạn với mật độ hữu hạn, và, vì du hành với tốc độ lớn như thế, họ có thể nhanh chóng thoát khỏi nó. Một cách kỳ diệu là lớp che chắn đã bảo vệ họ khi họ bay qua nguyên tử nguyên thủy này, và họ thấy bản thân mình chứng kiến sự ra đời của một vũ trụ mới. Khi vũ trụ tái dãn nở, họ sợ hãi chứng kiến tận mắt các ngôi sao và các thiên hà mới hình thành. Họ sửa chữa con tàu vũ trụ của mình và cẩn thận lập biểu đồ hành trình tới một thiên hà đủ già để có các nguyên tố bậc cao hơn, làm cho sự sống có thể sinh ra. Cuối cùng, họ định vị được một hành tinh có thể sinh sống và định cư trên hành tinh đó.

Câu chuyện này được viết vào năm 1967, khi một cuộc tranh luận diễn ra ác liệt giữa các nhà thiên văn về số phận cuối cùng của vũ trụ: hoặc là nó sẽ chết trong một vụ co lớn hoặc một vụ đóng băng lớn, hoặc sẽ dao động vô hạn định, hoặc sẽ sống mãi mãi trong trạng thái tĩnh định. Kể từ đó, cuộc tranh luận dường như đã được giải quyết, và một thuyết mới gọi là lạm phát đã xuất hiện.

LẠM PHÁT RA ĐỜI

"NHẬN THỨC NGOẠN MỤC", Alan Guth đã viết trong nhật ký của mình vào năm 1979. Ông cảm thấy hồ hởi khi nhận ra rằng mình có thể đã tình cờ tìm thấy một trong những ý tưởng lớn của vũ trụ học. Guth đã thực hiện sửa đổi lớn đầu tiên với thuyết vụ nổ lớn trong vòng 50 năm bằng cách thực hiện một quan sát có ảnh hưởng sâu xa: ông có thể giải quyết được một số điều khó hiểu bí ẩn nhất của vũ trụ học nếu giả định rằng vũ trụ đã trải qua một giai đoạn dãn nở siêu lạm phát cực nhanh tại thời khắc nó sinh ra, về mặt thiên văn là nhanh hơn so với điều mà hầu hết các nhà vật lý đã vẫn tưởng. Với sự siêu dãn nở này, ông thấy rằng mình có thể dễ dàng giải quyết một loạt các câu hỏi vũ trụ bí hiểm khó có thể giải thích. Nó là một ý tưởng có thể dẫn tới cuộc cách mạng vũ trụ học. (Các dữ liệu vũ trụ gần đây, bao gồm cả các kết quả của vệ tinh WMAP, phù hợp với các dự đoán của ông.) Nó không những chỉ là một học thuyết vũ trụ, mà còn là thuyết đơn giản nhất và đáng tin cậy nhất, vượt xa tất cả các thuyết còn lại.

Điểm đáng chú ý là chỉ một ý tưởng đơn giản có thể giải quyết rất nhiều câu hỏi vũ trụ hóc búa. Một trong vài vấn đề mà dãn nở lạm phát đã giải quyết một cách tao nhã là vấn đề độ phẳng. Các dữ liệu thiên văn đã chỉ ra rằng độ cong của vũ trụ là rất gần với 0, quả thật nó gần với 0 nhiều hơn so với hầu hết các nhà thiên văn vẫn tưởng trước đây. Điều này có thể được giải thích nếu vũ trụ, giống như một quả bóng được nhanh chóng bơm căng, đã phẳng ra trong thời kỳ lạm phát. Chúng ta, giống như những con kiến đi lại trên bề mặt của quả bóng, chẳng qua là quá nhỏ nên không thể quan sát thấy độ cong nhỏ xíu của quả bóng này. Lạm phát đã kéo dãn không-thời gian nhiều tới mức nó có vẻ như là phẳng.

Phát hiện của Guth còn mang ý nghĩa lịch sử vì nó đại diện cho việc áp dụng vật lý hạt cơ bản, bao gồm việc phân tích các hạt nhỏ nhất tìm thấy trong tự nhiên, vào vũ trụ học, vào việc nghiên cứu vũ trụ mang tính tổng thể, trong đó có nguồn gốc của nó. Hiện nay chúng ta nhận ra rằng những bí ẩn sâu xa nhất của vũ trụ không thể được giải quyết mà không có vật lý của những thứ vô cùng nhỏ: thế giới của thuyết lượng tử và vật lý hạt cơ bản.

TÌM KIẾM SỰ THỐNG NHẤT

Guth sinh năm 1947 tại New Brunswick, bang New Jersey (Hoa Kỳ). Khác với Einstein, Gamow hay Hoyle, không có dụng cụ hoặc thời khắc ấn tượng nào đã thúc đẩy ông đi vào thế giới vật lý. Cha mẹ ông cũng không tốt nghiệp đại học hoặc tỏ ra quan tâm nhiều tới khoa học. Nhưng theo sự thừa nhận của chính ông, Guth luôn luôn bị quyến rũ bởi quan hệ giữa toán học và các quy luật của tự nhiên.

Tại MIT trong thập niên 1960, ông đã nghiêm túc xem xét theo đuổi sự nghiệp trong ngành vật lý hạt cơ bản. Cụ thể, sự phấn khích sinh ra từ một cuộc cách mạng mới quét qua vật lý đã quyến rũ ông, đó là cuộc tìm kiếm sự thống nhất của tất cả các lực cơ bản. Trong một thời gian rất dài, Chén Thánh của vật lý là tìm kiếm các chủ đề thống nhất có thể giải thích những phức tạp của vũ trụ theo kiểu cách chặt chẽ nhất và đơn giản nhất. Từ thời Hy Lạp cổ đại, các nhà khoa học đã nghĩ rằng vũ trụ mà chúng ta thấy ngày nay chính là các tàn tích bị phá hủy, nằm rải rác của một tính chất đơn giản lớn hơn nhiều, và mục tiêu của chúng ta là khám phá sự thống nhất này.

Sau 2.000 năm nghiên cứu bản chất của vật chất và năng lượng, các nhà vật lý đã xác định rằng chỉ có bốn lực cơ bản dẫn dắt vũ trụ. (Các nhà khoa học đã cố gắng tìm kiếm lực thứ năm có thể có, nhưng cho đến nay tất cả các kết quả theo hướng này là không thấy có hay không thể kết luận.)

Lực đầu tiên là lực hấp dẫn, nó giữ Mặt Trời lại không tan rã và chi phối các hành tinh trong quỹ đạo của chúng trong hệ Mặt Trời. Nếu lực hấp dẫn đột nhiên bị "tắt", thì các ngôi sao trên bầu trời sẽ nổ tung, Trái Đất sẽ tan rã, và tất cả chúng ta sẽ lao vào vũ trụ với tốc độ khoảng 1.000 dặm (1.600 km) mỗi giờ.

Lực lớn thứ hai là lực điện từ, nó thắp sáng các thành phố của chúng ta, lấp đầy thế giới của chúng ta bằng các loại ti vi, điện thoại di động, đài thu thanh, các chùm laser và Internet. Nếu lực điện từ bị tắt đột ngột, nền văn minh sẽ ngay lập tức bị ném mạnh vào quá khứ cách đây một hoặc hai thế kỷ, trở về với bóng tối và im lặng. Điều này đã được minh họa sinh động bằng vụ mất điện diện rộng năm 2003, trong đó toàn bộ vùng Đông Bắc nước Mỹ bị tê liệt. Nếu chúng ta xem xét lực điện từ ở cấp độ hiển vi, chúng ta thấy rằng nó thực sự hợp thành từ các hạt nhỏ, hoặc các lượng tử, gọi là các photon (lượng tử ánh sáng).

Lực thứ ba là lực hạt nhân yếu, lực đảm trách hiện tượng phân rã phóng xạ. Bởi vì lực hạt nhân yếu không đủ để giữ hạt nhân của nguyên tử lại với nhau, nên nó cho phép hạt nhân này vỡ ra hoặc phân rã. Y học hạt nhân trong các bệnh viện dựa chủ yếu vào lực hạt nhân này. Lực hạt nhân yếu cũng giúp đốt nóng tâm Trái Đất thông qua các vật liệu phóng xạ, truyền một nguồn năng lượng khổng lồ cho các núi lửa. Lực hạt nhân yếu, đến lượt nó, lại dựa trên tương tác của các electron và nơtrino (loại hạt ma quỷ gần như không có khối lượng và có thể vượt qua hàng nghìn tỉ dặm chất chì rắn mà không tương tác với bất cứ thứ gì). Các electron và nơtrino tương tác bằng cách trao đổi các hạt khác, gọi là các boson W và boson Z.

Lực hạt nhân mạnh giữ các hạt nhân của các nguyên tử lại với nhau. Nếu không có lực hạt nhân này, tất cả các hạt nhân sẽ tan rã, các nguyên tử sẽ bị tan vỡ, và thực tại như chúng ta biết sẽ tan biến. Lực hạt nhân mạnh chịu trách nhiệm về khoảng 100 nguyên tố chúng ta thấy đang lấp đầy vũ trụ. Cả lực hạt nhân yếu và lực hạt nhân mạnh cùng chịu trách nhiệm về ánh sáng phát ra từ các ngôi sao qua phương trình $E = mc^2$ của Einstein. Nếu không có lực hạt nhân, toàn bộ vũ trụ sẽ tăm tối, nhiệt độ trên Trái Đất bị hạ sâu và các đại dương đóng băng ở thể rắn.

Đặc điểm đáng kinh ngạc của bốn lực này là ở chỗ chúng hoàn toàn khác nhau, với cường độ và tính chất khác nhau. Ví dụ, lực hấp dẫn là lực yếu nhất trong số bốn lực, nó yếu hơn lực điện từ 10^{36} lần. Trái Đất nặng 6 triệu tỉ tỉ (6×10^{24}) kilôgam, vậy mà khối lượng khổng lồ của nó và lực hấp dẫn của nó lại có thể dễ dàng bị triệt tiêu bởi lực điện từ. Chẳng hạn, chiếc lược của bạn có thể nhấc lên một mẩu giấy nhỏ thông qua tĩnh điện, bằng cách ấy triệt tiêu lực hấp dẫn của toàn bộ Trái Đất. Ngoài ra, lực hấp dẫn hoàn toàn chỉ có hút, còn lực điện từ có thể là cả hút lẫn đẩy, tùy thuộc vào điện tích của hạt.

THỐNG NHẤT TẠI VỤ NỔ LỚN

Một trong những câu hỏi nền tảng trong vật lý là: tại sao vũ trụ lại bị chi phối bởi bốn lực riêng biệt? Và tại sao bốn lực này lại quá khác biệt như vậy, với các cường độ khác nhau, các tương tác khác nhau, và tính chất vật lý khác nhau?

Einstein là người đầu tiên bắt tay vào chiến dịch thống nhất các lực này thành một thuyết bao hàm toàn diện duy nhất, bắt đầu bằng việc thống nhất lực hấp dẫn với lực điện từ. Ông đã thất bại vì đi trước thời đại của mình quá xa: lúc đó người ta biết quá ít về lực hạt nhân mạnh nên không thể tạo ra một thuyết trường thống nhất hiện thực. Nhưng công trình tiên phong của Einstein đã làm thế giới vật lý tỉnh ngộ về khả năng của một "thuyết về mọi thứ".

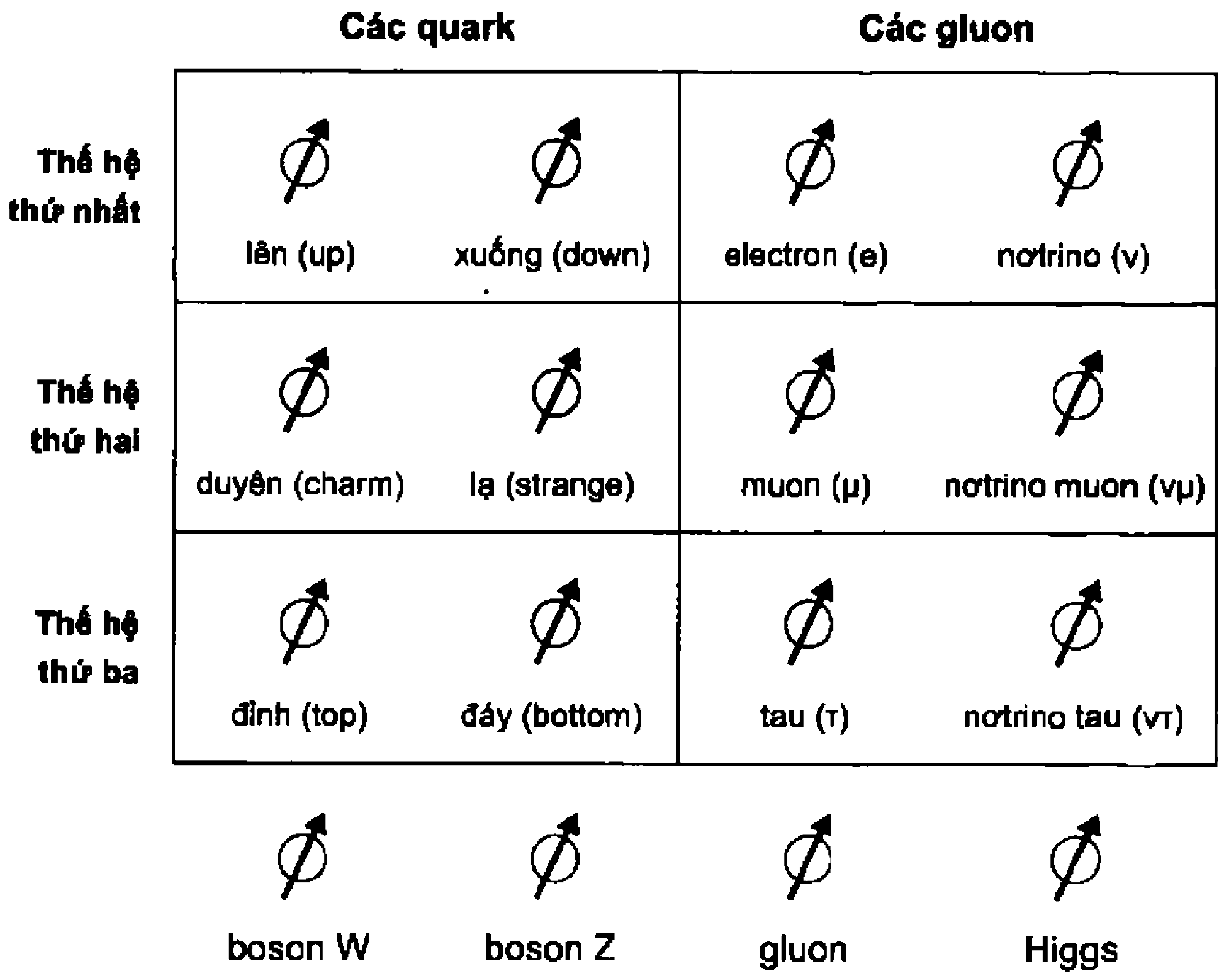
Mục tiêu của một thuyết trường thống nhất dường như là hoàn toàn vô vọng trong thập niên 1950, đặc biệt là khi vật lý hạt cơ bản đã ở trong tình trạng hoàn toàn hỗn độn, với các cỗ máy đập vỡ nguyên tử làm nổ tung các hạt nhân để tìm kiếm các "thành phần cơ bản" của vật chất, nhưng chỉ tìm thấy thêm hàng trăm hạt tuôn ra từ các thực nghiệm. "Vật lý hạt cơ bản" đã trở thành một sự mâu thuẫn về thuật ngữ, một trò cười vũ trụ. Những người Hy Lạp đã nghĩ rằng khi chúng ta phá vỡ một loại vật chất tới các "viên gạch" xây dựng cơ bản của nó, thì mọi thứ sẽ trở nên đơn giản hơn. Điều trái ngược đã xảy ra: các nhà vật lý đã phải vật lộn để tìm kiếm cho đủ các chữ cái trong bảng chữ cái Hy Lạp để gán nhãn cho các hạt này. J. Robert Oppenheimer từng nói đùa rằng giải Nobel vật lý nên dành cho nhà vật lý nào *không* phát hiện ra một hạt mới trong năm đó. Một người đoạt giải Nobel là Steven Weinberg đã bắt đầu tự hỏi liệu trí tuệ của con người có đủ khả năng để giải quyết được bí mật của lực hạt nhân chưa.

Tuy nhiên, sự hỗn độn này phần nào đã được chế ngự vào đầu thập niên 1960 khi Murray Gell-Mann và George Zweig của Cal Tech đề xuất ý tưởng về các hạt quark, là thành phần tạo nên các proton và notron. Theo thuyết quark, ba quark tạo thành một proton hay một notron, và một quark và một phản quark tạo thành một meson (loại hạt giữ hạt nhân lại cùng nhau). Điều này chỉ là giải pháp phần nào (vì ngày nay chúng ta đang bị tràn ngập các kiểu quark khác nhau), nhưng nó có nhiệm vụ tiếp thêm năng lượng mới vào một lĩnh vực từng có thời im lìm.

Năm 1967, hai nhà vật lý Steven Weinberg và Abdus Salam thực hiện một đột phá gây ấn tượng mạnh: họ đã chỉ ra rằng có thể hợp nhất lực hạt nhân yếu và lực điện từ. Họ tạo ra một thuyết mới, mà theo đó các electron và các notrino (được gọi chung là các lepton) tương tác với nhau bằng cách trao đổi các hạt mới gọi là boson W và boson Z cũng như các photon. Bằng cách xem xét boson W, boson Z và photon trên cùng một nền tảng thật sự, họ đã tạo ra một lý thuyết để hợp nhất hai lực này. Năm 1979, Steven Weinberg, Sheldon Glashow và Abdus Salam đồng nhận giải Nobel cho công trình thống nhất lực điện từ với lực hạt nhân yếu, và cung cấp sự hiểu biết sâu về lực hạt nhân mạnh.

Trong thập niên 1970, các nhà vật lý phân tích các dữ liệu lấy từ máy gia tốc hạt tại Trung tâm gia tốc tuyến tính Stanford (Stanford Linear Accelerator Center, viết tắt SLAC), máy này bắn các chùm electron cực mạnh vào một mục tiêu nhằm thăm dò sâu bên trong proton. Họ thấy rằng việc lực hạt nhân mạnh giữ các quark lại cùng nhau bên trong proton có thể được giải thích bằng cách đưa vào các hạt mới gọi là gluon, là các lượng tử của lực hạt nhân mạnh. Lực liên kết giữ proton lại cùng nhau có thể được giải thích bằng sự trao đổi các gluon giữa các quark hợp thành. Điều này dẫn đến một thuyết mới của lực hạt nhân mạnh được gọi là sắc động lực học lượng tử.

Như thế, vào giữa thập niên 1970, người ta đã có thể kết nối ba trong số bốn lực lại với nhau (trừ lực hấp dẫn) để tạo ra cái gọi là Mô hình Chuẩn, một thuyết của các quark, electron và nơtrino, mà chúng tương tác với nhau bằng cách trao đổi các gluon, boson W và boson Z và photon. Nó là đỉnh cao của hàng thập kỷ nghiên cứu chậm chạp khó khăn trong vật lý hạt. Hiện nay, Mô hình Chuẩn phù hợp với tất cả các dữ liệu thực nghiệm liên quan tới vật lý hạt mà không có ngoại lệ nào.



	Các quark		**Các gluon**	
Thế hệ thứ nhất	lên (up)	xuống (down)	electron (e)	nơtrino (v)
Thế hệ thứ hai	duyên (charm)	lạ (strange)	muon (µ)	nơtrino muon (vµ)
Thế hệ thứ ba	đỉnh (top)	đáy (bottom)	tau (τ)	nơtrino tau (vτ)

Đây là các hạt hạ nguyên tử chứa trong Mô hình Chuẩn, thuyết thành công nhất về các hạt cơ bản. Nó được xây dựng từ các quark, tạo nên các proton và notron, các lepton như các electron và notrino, và nhiều hạt khác. Để ý rằng mô hình đưa đến ba bản sao đồng nhất của các hạt hạ nguyên tử. Vì Mô hình Chuẩn không tính đến lực hấp dẫn (và dường như quá vụng về), nên các nhà vật lý lý thuyết cảm thấy nó chưa thể là thuyết cuối cùng.

Mặc dù Mô hình Chuẩn là một trong những học thuyết vật lý thành công nhất từ trước tới nay, nó rõ là xấu xí. Thật khó mà tin rằng tự nhiên ở cấp độ cơ bản lại có thể vận hành theo một thuyết có vẻ như cọc cạch với nhau đến vậy. Ví dụ, có mười chín tham số tùy ý trong thuyết chỉ đưa vào một cách đơn giản bằng tay, mà chẳng có nhịp điệu hay nghĩa lý gì (có nghĩa là các khối lượng khác nhau và các cường độ tương tác không được xác định bằng lý thuyết mà được xác định bằng thực nghiệm; mà một cách lý tưởng, trong một thuyết thống nhất thật sự, các hằng số này lẽ ra phải được xác định bằng chính thuyết đó, chứ không phải dựa vào thực nghiệm bên ngoài).

Hơn nữa, có ba bản sao chính xác của các hạt cơ bản, được gọi là các thế hệ. Thật khó mà tin rằng tự nhiên, ở cấp độ cơ bản nhất của nó, lại bao gồm ba bản sao chính xác của các hạt hạ nguyên tử. Ngoại trừ khối lượng của các hạt này, các thế hệ này là các bản sao của nhau. (Ví dụ, các bản sao của electron bao gồm hạt muon, nặng hơn electron 200 lần, và hạt tau, nặng hơn 3.500 lần). Cuối cùng, Mô hình Chuẩn không đề cập tới lực hấp dẫn, mặc dù lực hấp dẫn có lẽ là lực lan tỏa nhất trong vũ trụ.

Vì Mô hình Chuẩn, bất kể các thành công thực nghiệm gây sững sờ của nó, dường như là quá giả tạo, nên các nhà vật lý đã cố gắng để phát triển một thuyết khác, gọi là thuyết thống nhất lớn (grand unified theory, GUT), thuyết này đặt các hạt quark và hạt lepton trên cùng một nền tảng. Nó cũng xem xét các gluon, boson W và boson Z cùng các photon trên cùng một mức. (Tuy nhiên, nó không thể là "thuyết cuối cùng" vì lực hấp dẫn vẫn bị bỏ ra ngoài, lực này được coi là quá khó để sáp nhập với các lực khác, như chúng ta sẽ thấy.)

Chương trình thống nhất này, tới lượt nó, đã đưa ra một mô hình mới đối với vũ trụ học. Ý tưởng là đơn giản và tao nhã: tại thời khắc của vụ nổ lớn, tất cả bốn lực cơ bản đã được thống nhất thành một lực cố kết duy nhất, một "siêu lực" bí ẩn. Tất cả bốn lực có cùng cường độ và là một phần của một tổng thể cố kết lớn hơn. Vũ trụ đã bắt đầu trong trạng thái hoàn hảo. Tuy nhiên, khi vũ trụ bắt đầu dãn nở và nguội đi nhanh chóng, siêu lực ban đầu bắt đầu bị "rạn vỡ", với các lực khác nhau lần lượt rời nhau ra.

Theo thuyết này, sự nguội đi của vũ trụ sau vụ nổ lớn tương tự như sự đóng băng của nước. Khi nước ở dạng lỏng, nó khá đồng nhất và nhuyễn. Tuy nhiên, khi nó đóng băng, hàng triệu tinh thể nước đá nhỏ hình thành bên trong. Khi nước lỏng đóng băng hoàn toàn, sự đồng nhất ban đầu của nó đã hoàn toàn bị phá vỡ, với nước đá chứa các vết nứt, các bọt khí và các tinh thể.

Nói cách khác, ngày nay chúng ta thấy rằng vũ trụ bị phá vỡ khủng khiếp. Nó không đồng nhất hay đối xứng một chút nào mà bao gồm các dãy núi lởm chởm, các núi lửa, các trận bão, các tiểu hành tinh đá và các ngôi sao nổ tung, không có bất kỳ sự đồng nhất cố kết nào; ngoài ra, chúng ta cũng thấy bốn lực cơ bản không có bất kỳ quan hệ nào với nhau. Nhưng lý do vũ trụ lại bị phá vỡ như vậy là ở chỗ nó là hoàn toàn già nua và lạnh lẽo.

Mặc dù vũ trụ đã bắt đầu trong trạng thái đồng nhất hoàn hảo, ngày nay nó đã đi qua nhiều lần chuyển pha, hay các thay đổi trạng thái, với các lực của vũ trụ bứt phá khỏi nhau từng lực một khi nó nguội đi. Công việc của các nhà vật lý là đi ngược trở lại, để tái tạo lại các bước mà theo đó vũ trụ đã bắt đầu (trong trạng thái hoàn hảo) rồi đã dẫn tới một vũ trụ bị phá vỡ như chúng ta thấy xung quanh mình.

Do đó, chìa khóa của vấn đề là hiểu chính xác các vụ chuyển pha này đã xảy ra vào lúc bắt đầu của vũ trụ như thế nào, mà các nhà vật lý gọi là sự "phá vỡ tự phát". Cho dù đó là sự nóng chảy của băng, sự sôi của nước, sự tạo thành các đám mây mang mưa, hay sự nguội đi của vụ nổ lớn, thì các vụ chuyển pha có thể kết nối hai pha vật chất hoàn toàn khác nhau.

(Để minh họa các vụ chuyển pha này mạnh như thế nào, họa sĩ Bob Miller đã đưa ra một câu đố: "Làm thế nào bạn có thể treo 500.000 pao (226.800 kg) nước trong không trung mà không có các phương tiện chống đỡ nhìn thấy được?" Câu trả lời là: "Gom thành một đám mây.")*

CHÂN KHÔNG GIẢ

Khi một lực tách khỏi các lực khác, quá trình này có thể được ví với việc phá vỡ một con đập. Các con sông chảy dốc xuống vì nước chảy về hướng năng lượng thấp nhất, tức là mực nước biển. Trạng thái năng lượng thấp nhất được gọi là chân không. Tuy nhiên, có một trạng thái bất thường được gọi là chân không giả. Chẳng hạn, nếu chúng ta ngăn đập một con sông, thì con đập này dường như là ổn định, nhưng thực tế nó phải chịu một áp lực khủng khiếp. Nếu một vết nứt nhỏ xuất hiện trong con đập, áp lực này có thể đột ngột làm vỡ tung con đập và giải phóng một luồng năng lượng từ chân không giả (dòng sông bị ngăn bằng đập) và gây ra lũ lụt thảm họa về phía chân không thật sự (mực nước biển). Toàn thể các ngôi làng có thể bị ngập lụt nếu có sự phá vỡ tự phát của con đập và sự chuyển tiếp đột ngột tới chân không thật.

Tương tự, trong thuyết thống nhất lớn, vũ trụ ban đầu đã bắt đầu trong trạng thái chân không giả, với ba lực thống nhất thành một lực duy nhất. Tuy nhiên, trạng thái này không ổn định, nó đã bị phá vỡ một cách tự phát và tạo ra sự chuyển tiếp từ chân không giả, nơi các lực này đã hợp nhất, thành chân không thật, nơi mà các lực này bị tách ra.

Điều này đã được biết đến trước khi Guth bắt đầu phân tích thuyết thống nhất lớn. Nhưng Guth nhận ra điều gì đó đã bị những người khác bỏ qua. Trong trạng thái chân không giả, vũ trụ dãn nở theo cấp số mũ, như cách mà de Sitter đã dự báo từ năm 1917. Đó là hằng số vũ trụ, năng lượng của chân không giả, cái dẫn dắt vũ trụ dãn nở với tốc độ cực lớn như vậy. Guth tự đặt ra cho mình một câu hỏi định mệnh: dãn nở de Sitter theo cấp số mũ này có thể giải quyết được một số vấn đề của vũ trụ học hay không?

VẤN ĐỀ ĐƠN CỰC

Một dự đoán của nhiều thuyết thống nhất lớn là sự tạo ra một lượng dồi dào các đơn cực tại lúc thời gian bắt đầu. Đơn cực là một cực từ bắc hay nam đơn độc. Trong tự nhiên, các cực này luôn luôn được xuất hiện thành cặp. Nếu bạn lấy một thanh nam châm, bạn lúc nào cũng thấy cả cực bắc và cực nam bị ràng buộc với nhau. Nếu bạn lấy một cái búa và tách thanh nam châm ra làm đôi, thì bạn không thấy hai đơn cực; thay vì thế bạn thấy hai thanh nam châm nhỏ, mỗi thanh đều có một cặp cực bắc và nam của chính nó.

Tuy nhiên, vấn đề là ở chỗ các nhà khoa học, sau nhiều thế kỷ thực nghiệm, đã không tìm thấy bằng chứng thuyết phục cho các đơn cực. Vì chưa có ai đã từng thấy một đơn cực, nên Guth đã bối rối tại sao các thuyết thống nhất lớn lại dự đoán quá nhiều về chúng. "Giống như con kỳ lân(1), đơn cực vẫn tiếp tục mê hoặc trí tuệ con người mặc cho sự thiếu vắng các quan sát xác nhận"*, Guth nhận xét.

Sau đó, nó đột ngột trở nên rõ ràng với ông. Trong khoảnh khắc lóe sáng, tất cả các mảnh rời khớp lại với nhau. Ông đã nhận ra rằng nếu như vũ trụ đã bắt đầu trong trạng thái chân không giả, nó có thể dãn nở kiểu lạm phát theo cấp số mũ, như de Sitter đã đề xuất hàng thập niên trước đó. Trong trạng thái chân không giả này, vũ trụ có thể đột ngột phình ra theo một lượng khó tin, bằng cách ấy làm loãng mật độ các đơn cực. Nếu các nhà khoa học chưa bao giờ thấy một đơn cực trước đó, thì đó chỉ là do các đơn cực đã được trải ra trên một vũ trụ rộng lớn hơn nhiều so với người ta nghĩ trước đây.

Đối với Guth, khám phá này là khiến ông kinh ngạc và vui sướng. Một quan sát đơn giản như vậy có thể giải thích vấn đề đơn cực trong một khoảnh khắc. Nhưng Guth đã nhận ra rằng dự đoán này sẽ có các hệ quả vũ trụ vượt xa ý tưởng ban đầu của ông.

---

(1) Con kỳ lân một sừng theo truyền thuyết phương Tây, không phải con kỳ lân trong truyền thuyết Á Đông.

VẤN ĐỀ ĐỘ PHẲNG

Guth đã nhận ra rằng thuyết của ông đã giải quyết được một vấn đề khác, vấn đề độ phẳng, đã được thảo luận trước đây. Bức tranh chuẩn của vụ nổ lớn không thể giải thích tại sao vũ trụ lại phẳng như thế. Trong thập niên 1970, người ta tin rằng mật độ vật chất trong vũ trụ, được gọi là omega, là khoảng 0,1. Thực tế rằng mật độ này trong rất nhiều tỉ năm sau vụ nổ lớn đã tương đối gần với mật độ tới hạn 1,0 đã gây bối rối sâu sắc. Khi vũ trụ dãn nở, omega phải thay đổi theo thời gian. Con số này đã gần một cách khó chịu với giá trị 1,0, là giá trị mô tả một không gian hoàn toàn phẳng.

Đối với bất kỳ giá trị hợp lý nào của omega tại lúc thời gian bắt đầu, các phương trình Einstein chỉ ra rằng ngày nay nó phải gần như bằng 0. Để omega rất gần với 1 như thế trong rất nhiều tỉ năm sau vụ nổ lớn sẽ cần phải có một phép lạ. Cái này trong vũ trụ học được gọi là vấn đề tinh chỉnh. Chúa Trời, hay một Đấng Tạo hóa nào đó, đã phải "chọn" giá trị của omega trong phạm vi chuẩn xác không tưởng để ngày nay omega là khoảng 0,1. Để omega ngày nay nằm trong khoảng giữa 0,1 và 10, thì omega đã phải là 10^{14} ở thời khắc một giây sau vụ nổ lớn. Nói cách khác, tại lúc thời gian bắt đầu thì giá trị của omega đã được "chọn" để bằng 1 với độ chính xác trong phạm vi một phần một trăm nghìn tỉ, đây là điều rất khó hiểu.

Hãy nghĩ đến việc thử cân bằng một chiếc bút chì thẳng đứng trên đầu nhọn của nó. Không phụ thuộc vào việc chúng ta cố gắng để cân bằng chiếc bút chì này như thế nào, nó thường sẽ đổ xuống. Trên thực tế, nó đòi hỏi một sự tinh chỉnh có độ chính xác rất lớn để làm cho chiếc bút chì thăng bằng thẳng đứng thật chính xác sao cho nó không bị đổ. Bây giờ thử cân bằng chiếc bút chì này trên đầu nhọn của nó sao cho nó đứng thẳng, không chỉ trong một giây, mà là trong nhiều năm! Bạn sẽ thấy sự tinh chỉnh rất lớn kèm theo để có được omega là 0,1 ngày nay. Một sai số nhỏ nhất trong sự tinh chỉnh omega đã có thể tạo ra một omega khác 1 rất xa. Vậy tại sao ngày nay omega lại gần với 1 đến thế, trong khi lý ra thì nó phải khác xét về mặt thiên văn học?

Đối với Guth, câu trả lời đã rõ ràng. Vũ trụ chẳng qua đã phình to tới một mức độ khác thường như thế để nó phẳng ra. Giống như một người kết luận rằng Trái Đất phẳng vì ông ta không thể nhìn thấy đường chân trời, các nhà thiên văn kết luận rằng omega khoảng bằng 1 vì sự dãn nở lạm phát đã làm phẳng vũ trụ.

VẤN ĐỀ CHÂN TRỜI

Lạm phát không chỉ giải thích các dữ liệu ủng hộ độ phẳng của vũ trụ, nó cũng đã giải quyết được vấn đề chân trời. Vấn đề này dựa trên nhận thức đơn giản rằng bầu trời đêm dường như là tương đối đồng nhất, không phụ thuộc vào việc bạn nhìn vào nơi nào. Nếu bạn quay đầu lại 180 độ, bạn vẫn quan sát thấy vũ trụ đồng nhất, dù bạn vừa mới nhìn thấy các phần của vũ trụ cách xa nhau hàng chục tỉ năm ánh sáng. Các kính viễn vọng mạnh quét ngang bầu trời cũng không thể tìm thấy sự chênh lệch đáng kể khỏi tính đồng nhất này. Các vệ tinh không gian của chúng ta đã cho thấy là bức xạ vi sóng vũ trụ cũng cực kỳ đồng nhất. Không phụ thuộc vào việc bạn nhìn vào đâu trong không gian, nhiệt độ của bức xạ nền chênh lệch không quá một phần nghìn của một độ.

Nhưng đây lại là một vấn đề khó hiểu, vì tốc độ ánh sáng là giới hạn tốc độ tột cùng trong vũ trụ. Không có cách nào, trong cả cuộc đời của vũ trụ, để ánh sáng hoặc thông tin có thể di chuyển từ một phần của bầu trời đêm tới phía bên kia. Chẳng hạn, nếu chúng ta nhìn vào bức xạ vi sóng trong một hướng, nó đã chu du trên 13 tỉ năm kể từ vụ nổ lớn. Nếu chúng ta quay đầu mình lại và nhìn vào hướng đối diện, chúng ta thấy rằng bức xạ vi sóng là y hệt và nó cũng đã chu du trên 13 tỉ năm. Vì chúng có cùng một nhiệt độ, nên chúng phải có sự tiếp xúc nhiệt vào lúc thời gian bắt đầu. Nhưng không có cách nào mà thông tin lại có thể di chuyển từ các điểm đối diện trên bầu trời đêm (cách xa nhau trên 26 tỉ năm ánh sáng) kể từ vụ nổ lớn.

Tình huống thậm chí còn tồi tệ hơn nếu chúng ta nhìn vào bầu trời 380.000 năm sau vụ nổ lớn, khi bức xạ nền bắt đầu được hình thành. Nếu chúng ta nhìn vào các điểm đối diện trên bầu trời, chúng ta thấy rằng bức xạ nền là gần như đồng nhất. Nhưng theo các tính toán từ thuyết vụ nổ lớn thì các điểm đối diện này cách nhau 90 triệu năm ánh sáng (vì sự dãn nở của không gian kể từ vụ nổ). Nhưng không có cách nào mà ánh sáng có thể di chuyển được 90 triệu năm ánh sáng chỉ trong đúng 380.000 năm. Thông tin sẽ phải di chuyển nhanh hơn nhiều so với tốc độ ánh sáng, mà điều đó là không thể.

Đúng ra thì vũ trụ phải có vẻ như khá gợn sóng, vì một phần quá xa không thể tiếp xúc với một phần xa xôi khác. Làm sao vũ trụ có vẻ như đồng nhất đến vậy, khi mà ánh sáng không thể đủ thời gian để hòa trộn và lan truyền thông tin từ một phần xa xăm của vũ trụ tới một phần khác? (nhà vật lý Robert Dicke từ Princeton gọi vấn đề này là vấn đề chân trời, vì đường chân trời là điểm xa nhất bạn có thể nhìn thấy, và là điểm xa nhất mà ánh sáng có thể di chuyển).

Nhưng Guth đã nhận ra rằng lạm phát cũng là chìa khóa để giải thích vấn đề này. Ông lập luận rằng vũ trụ có thể nhìn thấy của chúng ta chắc chỉ là một mảng nhỏ trong quả cầu lửa ban đầu. Bản thân mảng này là đồng nhất về mật độ và nhiệt độ. Nhưng lạm phát đã đột nhiên kéo dãn mảng nhỏ vật chất đồng nhất này theo hệ số nhân là 10^{50}, nhanh hơn nhiều so với tốc độ ánh sáng, sao cho vũ trụ có thể nhìn thấy ngày nay là đồng nhất rõ nét. Vì vậy lý do giải thích tại sao bầu trời đêm và bức xạ vi sóng đồng nhất đến thế là ở chỗ vũ trụ có thể nhìn thấy từng có thời là một mảng nhỏ nhưng đồng nhất của quả cầu lửa ban đầu đã đột ngột phình to để trở thành vũ trụ.

PHẢN ỨNG VỚI LẠM PHÁT

Mặc dù Guth tự tin rằng ý tưởng lạm phát là đúng, nhưng ông đã hơi lo lắng khi lần đầu tiên nói chuyện trước công chúng. Khi trình bày thuyết của mình vào năm 1980, ông thú nhận: "Tôi vẫn thấy lo lắng rằng một số hệ quả của thuyết có thể sai rõ rệt. Cũng có nỗi sợ rằng tôi sẽ 'lộ chân tướng' là một nhà vũ trụ học non nớt."* Nhưng thuyết của ông tao nhã và hùng mạnh tới mức các nhà vật lý trên khắp thế giới ngay lập tức đã nhận thấy tầm quan trọng của nó. Murray Gell-Mann, người đoạt giải Nobel, đã thốt lên: "Anh đã giải quyết được vấn đề quan trọng nhất trong vũ trụ học!" Sheldon Glashow, cũng đoạt giải Nobel, kể với Guth rằng Steven Weinberg đã "giận dữ" khi ông nghe nói về dãn nở lạm phát. Đầy lo âu, Guth hỏi: "Steven có phản đối nó không?" Glashow trả lời, "Không, Steven giận dữ vì bản thân anh ấy vào lúc đó đã không nghĩ ra nó."* Làm sao mà họ có thể đã bỏ qua một giải pháp đơn giản như vậy, các nhà khoa học tự hỏi. Các nhà vật lý lý thuyết hăng hái tiếp nhận thuyết của Guth, họ đã ngạc nhiên trước tầm cỡ của nó.

Thuyết ấy cũng có tác động đến triển vọng nghề nghiệp của Guth. Trước đó, vì thị trường việc làm khó khăn, ông đã thấy rành rành trước mắt khả năng thất nghiệp. Ông thú nhận: "Tôi đã ở tình trạng bên rìa trên thị trường việc làm."* Đột nhiên, lời mời chào công việc bắt đầu ào ạt tới từ các trường đại học hàng đầu, nhưng không có MIT là lựa chọn đầu tiên của ông. Nhưng khi đó ông đã đọc một chiếc bánh đoán hạnh vận(1) viết rằng: "Một cơ hội thú vị nằm ngay trước bạn nếu bạn không quá nhút nhát." Điều này đã tạo cho ông can đảm để đánh liều gọi điện thoại tới MIT hỏi về việc làm. Ông đã sững sờ khi MIT gọi lại vài ngày sau đó và mời ông làm giáo sư. Chiếc bánh đoán hạnh vận kế tiếp mà ông đọc cho biết: "Bạn không nên bốc đồng vào thời điểm này." Bỏ qua lời khuyên của nó, ông đã quyết định chấp nhận vị trí tại MIT. Ông tự hỏi bản thân: "Dù thế nào đi chăng nữa thì một chiếc bánh Tàu đoán hạnh vận có thể biết cái quái gì?"

Tuy nhiên, vẫn còn có những vấn đề nghiêm trọng. Các nhà thiên văn ít ấn tượng với thuyết của Guth, vì nó rõ ràng kém cỏi trong một khía cạnh: nó đưa ra dự đoán sai về omega. Việc omega đã xấp xỉ gần bằng 1 có thể được giải thích bằng lạm phát. Tuy nhiên, lạm phát đã đi xa hơn thế và dự đoán

---

1. Bánh đoán hạnh vận (hạnh vận thiêm bính) là loại bánh làm từ bột mì, đường, va ni và dầu ăn. Bên trong nhét một tờ giấy đoán vận may rủi, phổ biến trong những người Mỹ gốc Trung để ăn tráng miệng.

rằng omega (hoặc omega cộng lambda) sẽ chính xác bằng 1, tương ứng với một vũ trụ phẳng. Trong những năm sau, khi ngày càng có nhiều dữ liệu thực nghiệm hơn được thu thập xác định những lượng khổng lồ của vật chất tối trong vũ trụ, omega đã hơi dịch chuyển, tăng lên tới 0,3. Nhưng điều này vẫn là nguy cơ chí tử tiềm tàng cho giả thuyết lạm phát. Mặc dù lạm phát có thể làm cho các nhà vật lý viết ra trên 3.000 bài báo trong thập niên tiếp theo, nhưng nó vẫn tiếp tục là vật kỳ lạ đối với các nhà thiên văn. Với họ, các dữ liệu dường như bác bỏ lạm phát.

Một số nhà thiên văn kín đáo phàn nàn rằng các nhà vật lý hạt đã quá ám ảnh với vẻ đẹp của lạm phát tới mức họ sẵn sàng bỏ qua thực tế thực nghiệm. (Nhà thiên văn Robert Kirshner của Đại học Harvard đã viết: "Ý tưởng dãn nở 'lạm phát' này nghe có vẻ điên khùng. Việc nó được những người ngồi vững chắc trong những chiếc ghế danh giá nghiêm túc công nhận không tự động làm cho nó thành đúng."* Roger Penrose từ Oxford gọi lạm phát là "một thứ mốt mà các nhà vật lý năng lượng cao đã trút lên đầu các nhà vũ trụ học... Ngay cả những con lợn răng ống[1] cũng nghĩ rằng con cái của chúng xinh đẹp."*)

Guth tin rằng sớm hay muộn thì các dữ liệu kiểm chứng sẽ chỉ ra rằng vũ trụ là phẳng. Nhưng điều đã làm ông bận tâm là bức tranh ban đầu của ông có một nhược điểm nhỏ nhưng có tính quyết định, một nhược điểm mà cho tới nay vẫn chưa hoàn toàn hiểu được. Dãn nở lạm phát phù hợp một cách lý tưởng để giải quyết một loạt các vấn đề vũ trụ bí ẩn. Nhưng vấn đề là ông không biết lạm phát tắt đi như thế nào.

Hãy hình dung việc đun nóng một nồi nước lên tới điểm sôi của nó. Ngay trước khi sôi, nó tức khắc ở trong trạng thái năng lượng cao. Nó muốn sôi, nhưng không thể sôi vì nó cần một vài tạp chất để tạo ra một bọt nước. Nhưng một khi một bọt nước được tạo ra, nó nhanh chóng chuyển sang trạng thái năng lượng thấp của chân không thật, và nồi nước sẽ trở nên đầy các bọt nước. Cuối cùng, các bọt nước trở nên lớn tới mức chúng kết hợp lại, cho đến khi nồi nước đầy hơi nước đồng nhất. Khi tất cả các bọt nước hợp nhất, bước chuyển tiếp từ nước thành hơi nước hoàn thành.

---

[1] Còn gọi là lợn đất, danh pháp khoa học: *Orycteropus afer*, chuyên ăn kiến, sinh sống ở châu Phi.

Trong bức tranh gốc của Guth, mỗi bọt nước tương ứng với một mảnh của vũ trụ của chúng ta đã phình ra từ chân không. Nhưng khi Guth thực hiện tính toán này, ông thấy rằng các bọt nước không kết hợp lại đúng cách, để lại một vũ trụ vô cùng gợn sóng. Nói cách khác, thuyết của ông đã để lại một nồi đầy các bong bóng hơi nước mà không bao giờ hợp nhất hoàn toàn để trở thành một nồi hơi nước đồng nhất. Bể chứa nước sôi của Guth dường như không bao giờ dịu xuống thành vũ trụ ngày nay.

Năm 1981, Andrei Linde từ Viện P. N. Lebedev ở Nga và Paul J. Steinhardt cùng Andreas Albrecht, khi đó ở Đại học Pennsylvania, đã tìm thấy một lối đi vòng qua câu hỏi khó này, khi nhận ra rằng nếu một bong bóng duy nhất của chân không giả nở phình ra đủ lâu, cuối cùng nó sẽ lấp đầy toàn bộ nồi và tạo ra một vũ trụ đồng nhất. Nói cách khác, toàn bộ thế giới của chúng ta có thể là sản phẩm phụ của một bong bóng duy nhất đã phình ra để lấp đầy vũ trụ. Ta không cần một lượng lớn các bọt nước để kết hợp lại nhằm tạo ra một nồi hơi nước đồng nhất. Chỉ cần một bọt nước duy nhất làm điều đó, nếu nó đã phình ra đủ lâu.

Hãy hình dung trở lại sự tương tự của con đập và chân không giả. Con đập càng dày thì nước chui qua con đập càng lâu. Nếu bức tường của con đập này đủ dày thì việc chui qua sẽ bị trì hoãn lâu tùy ý. Nếu vũ trụ được phép phình ra với hệ số nhân 10^{50}, thì một bong bóng duy nhất sẽ có đủ thời gian để giải quyết các vấn đề chân trời, độ phẳng và đơn cực. Nói cách khác, nếu việc chui hầm bị trì hoãn một cách đủ mức thì vũ trụ phình ra đủ lâu để làm phẳng vũ trụ và làm loãng các đơn cực. Nhưng điều này vẫn để lại một câu hỏi: cơ chế nào có thể kéo dài sự dãn nở lạm phát tới mức độ khổng lồ đó?

Cuối cùng, vấn đề rất khó chịu này được biết đến như là "vấn đề lối thoát thanh nhã", nghĩa là làm thế nào để cho vũ trụ phình to đủ lâu đến mức một bong bóng duy nhất có thể tạo ra toàn thể vũ trụ. Trong những năm qua, ít nhất năm mươi cơ chế khác nhau đã được đề xuất để giải quyết vấn đề lối thoát thanh nhã. (Đây là một vấn đề khó khăn hơn người ta tưởng. Tôi cũng đã tự mình thử vài giải pháp. Tương đối dễ dàng tạo ra một lượng dãn nở lạm phát khiêm tốn nhất trong vũ trụ ban đầu. Nhưng để có được một vũ trụ phình to với hệ số nhân 10^{50} là việc đặc biệt khó khăn. Tất nhiên, đơn giản là người ta có thể đưa vào hệ số nhân 10^{50} này một cách thủ công, nhưng điều này là khiên cưỡng và giả tạo). Nói cách khác, quá trình lạm phát được tin tưởng rộng khắp là đã giải quyết được các vấn đề đơn cực, chân trời và độ phẳng, nhưng không một ai biết chính xác cái gì đã thúc đẩy lạm phát và cái gì đã tắt nó đi.

LẠM PHÁT HỖN LOẠN VÀ CÁC VŨ TRỤ SONG SONG

Nhà vật lý Andrei Linde trước hết là người không lúng túng bởi thực tế là không một ai tán thành một giải pháp cho vấn đề lối thoát thanh nhã. Linde thú nhận: "Tôi vừa mới có cảm giác rằng Chúa không thể không sử dụng một khả năng tốt như thế để đơn giản hóa công việc của mình."*

Cuối cùng, Linde đã đề xuất một phiên bản mới của lạm phát mà dường như loại bỏ một số khiếm khuyết của các phiên bản ban đầu. Ông đã hình dung ra một vũ trụ mà trong đó, tại các điểm ngẫu nhiên trong không gian và thời gian, sự phá vỡ tự phát xảy ra. Tại mỗi điểm nơi phá vỡ xảy ra, một vũ trụ được tạo thành và phình ra một chút. Hầu hết thời gian, lượng dãn nở lạm phát là nhỏ. Nhưng vì quá trình này là ngẫu nhiên, nên cuối cùng sẽ có một bong bóng, nơi dãn nở kéo dài đủ lâu để tạo ra vũ trụ của chúng ta. Nếu chấp nhận kết luận logic của nó, thì điều này có nghĩa là lạm phát là liên tục và vĩnh cửu, với các vụ nổ lớn luôn luôn xảy ra, với các vũ trụ mọc ra từ các vũ trụ khác. Trong bức tranh này, vũ trụ có thể "nảy chồi" thành các vũ trụ khác, tạo ra một "đa vũ trụ".

Trong thuyết này, phá vỡ tự phát có thể xảy ra ở bất cứ nơi nào trong vũ trụ của chúng ta, cho phép cả một vũ trụ nảy chồi từ vũ trụ của chúng ta. Nó cũng có nghĩa rằng vũ trụ của chính chúng ta có thể đã nảy chồi từ một vũ trụ trước đó. Trong mô hình lạm phát hỗn loạn, đa vũ trụ là vĩnh cửu, ngay cả khi những vũ trụ riêng lẻ không phải là vĩnh cửu. Một số vũ trụ có thể có omega rất lớn, trong trường hợp đó chúng ngay lập tức tiêu biến thành một vụ co lớn sau vụ nổ lớn của chúng. Một số vũ trụ chỉ có omega nhỏ và dãn nở mãi mãi. Cuối cùng, đa vũ trụ này bị chi phối bởi những vũ trụ nào phình ra theo một lượng khổng lồ.

Nhìn lại quá khứ, ý tưởng về các vũ trụ song song được áp đặt lên chúng ta. Dãn nở lạm phát thể hiện cho sự hợp nhất của vũ trụ học truyền thống với những tiến bộ trong vật lý hạt. Là một thuyết lượng tử, vật lý hạt phát biểu rằng có một xác suất hữu hạn cho các sự kiện khó có khả năng xảy ra, chẳng hạn như việc tạo ra các vũ trụ song song. Vì vậy, ngay khi chúng ta thừa nhận khả năng tạo ra một vũ trụ, chúng ta mở cửa cho xác suất của một số lượng vô tận các vũ trụ song song được tạo ra. Chẳng hạn, hãy suy nghĩ về việc electron được miêu tả ra sao trong thuyết lượng tử. Vì tính bất định, electron không tồn tại tại một điểm duy nhất nào, mà tồn tại trong tất cả các điểm có thể xung quanh hạt nhân. "Đám mây" electron này bao quanh hạt nhân thể hiện electron đang ở nhiều nơi trong cùng một lúc. Đây là cơ sở nền tảng của mọi loại hóa học cho phép các electron liên kết các phân tử lại với nhau. Lý do tại sao các phân tử của chúng ta không tan rã là các electron song song nhảy múa xung quanh chúng và giữ chúng lại với nhau. Tương tự như vậy, vũ trụ đã từng có thời nhỏ hơn cả một electron. Khi áp dụng thuyết lượng tử cho vũ trụ, thì chúng ta buộc phải thừa nhận khả năng rằng vũ trụ đồng thời tồn tại trong nhiều trạng thái. Nói cách khác, một khi chúng ta mở cửa để áp dụng các thăng giáng lượng tử cho vũ trụ, chúng ta gần như buộc phải thừa nhận khả năng tồn tại các vũ trụ song song. Dường như chúng ta có rất ít sự lựa chọn.

VŨ TRỤ TỪ HƯ KHÔNG

Trước hết, người ta có thể chống lại ý niệm về một đa vũ trụ, bởi vì nó có vẻ vi phạm các quy luật đã biết, chẳng hạn như sự bảo toàn vật chất và năng lượng. Tuy nhiên, tổng lượng vật chất/năng lượng của vũ trụ trên thực tế có thể là rất nhỏ. Lượng vật chất của vũ trụ, bao gồm tất cả các ngôi sao, các hành tinh và các thiên hà, là khổng lồ và dương. Tuy nhiên, năng lượng tích trong hấp dẫn có thể là âm. Nếu bạn thêm năng lượng dương nhờ có vật chất vào năng lượng âm nhờ có hấp dẫn, tổng này có thể gần với con số 0! Theo một nghĩa nào đó thì *các vũ trụ như vậy là miễn phí*. Chúng có thể gần như dễ dàng nảy ra từ chân không. (Nếu vũ trụ là đóng, thì lượng năng lượng tổng cộng của vũ trụ phải chính xác bằng 0.)

(Để hiểu được điều này, hãy tưởng tượng một con lừa rơi vào một cái hố lớn trong lòng đất. Chúng ta phải thêm năng lượng cho con lừa này nhằm kéo nó ra khỏi cái hố. Một khi nó đã ra ngoài và đứng trên mặt đất, nó được coi là có năng lượng bằng 0. Như thế, do chúng ta đã phải thêm năng lượng cho con lừa để đưa nó về trạng thái năng lượng bằng 0, nên nó phải có năng lượng âm khi ở trong hố. Tương tự như vậy, phải mất năng lượng để kéo một hành tinh ra khỏi hệ Mặt Trời. Một khi thoát vào không gian tự do, hành tinh này có năng lượng bằng 0. Vì chúng ta phải thêm năng lượng để nhổ một hành tinh ra khỏi hệ Mặt Trời và đạt được trạng thái năng lượng bằng 0, nên hành tinh này có năng lượng hấp dẫn âm khi nằm bên trong hệ Mặt Trời.)

Trên thực tế, để tạo ra một vũ trụ giống như của chúng ta có thể cần đến một lượng vật chất ròng nhỏ bé đến nực cười, có lẽ chỉ ít tới mức một aoxơ(1). Như Guth thích nói: "Vũ trụ có thể là miễn phí." Ý tưởng về việc tạo ra một vũ trụ từ hư không này lần đầu tiên được nhà vật lý Edward Tryon của trường Hunter College thuộc Đại học thành phố New York giới thiệu, trong một bài báo công bố trên tạp chí *Nature* năm 1973. Ông suy đoán rằng vũ trụ là cái gì đó "đôi khi xảy ra" do một thăng giáng lượng tử trong chân không. (Mặc dù lượng vật chất ròng cần thiết để tạo ra một vũ trụ có thể gần bằng 0, nhưng lượng vật chất này phải được nén tới các mật độ không thể tin được, như chúng ta thấy trong chương mười hai.)

---

(1). Một aoxơ (ounce) bằng 28,35 g.

Giống như các thần thoại Bàn Cổ, đây là một ví dụ về vũ trụ học *creatio ex nihilo*. Mặc dù thuyết vũ trụ từ hư không không thể chứng minh bằng các phương tiện thông thường, nó giúp trả lời các câu hỏi rất thực tế về vũ trụ. Ví dụ, tại sao vũ trụ lại không quay? Tất cả mọi thứ chúng ta thấy xung quanh mình đều quay, từ các con quay, các trận bão, các hành tinh và các thiên hà cho tới các chuẩn tinh. Đó dường như là một đặc điểm chung của vật chất trong vũ trụ. Nhưng bản thân vũ trụ lại không quay. Khi chúng ta nhìn vào các thiên hà trên bầu trời, spin⁽¹⁾ tổng cộng của chúng bị triệt tiêu bằng 0. (Điều này khá may mắn, bởi vì như chúng ta thấy trong chương năm, nếu vũ trụ đã quay thì du hành ngược thời gian sẽ trở thành chuyện bình thường và lịch sử sẽ không thể viết ra.) Lý do tại sao vũ trụ không quay có thể là do vũ trụ của chúng ta đã đến từ hư không. Vì chân không không quay, nên chúng ta không mong đợi để thấy spin ròng nào phát sinh trong vũ trụ của chúng ta. Trên thực tế, tất cả các vũ trụ bong bóng trong phạm vi đa vũ trụ có thể có spin ròng bằng 0.

Tại sao các điện tích dương và âm lại cân bằng chính xác? Thông thường, khi chúng ta suy nghĩ về các lực vũ trụ đang chi phối vũ trụ, chúng ta nghĩ nhiều đến lực hấp dẫn hơn so với lực điện từ, mặc dù lực hấp dẫn là nhỏ tí xíu so với lực điện từ. Lý do của điều này là sự cân bằng hoàn hảo giữa các điện tích dương và âm. Kết quả là điện tích ròng của vũ trụ dường như là bằng không, và lực hấp dẫn chi phối vũ trụ chứ không phải lực điện từ.

Mặc dù chúng ta mặc nhiên coi điều này là đúng, sự triệt tiêu của điện tích dương và âm là hoàn toàn rõ rệt, và đã được kiểm tra về mặt thực nghiệm tới $1/10^{21}$*. (Tất nhiên, có các mất cân bằng cục bộ giữa các điện tích, và điều đó giải thích tại sao chúng ta thấy có sét đánh. Nhưng tổng của các điện tích,

---

(1) Spin: một khái niệm của cơ học lượng tử, do Ralph Kronig, George Uhlenbeck và Samuel Goudsmit đưa ra năm 1925.

ngay cả đối với các trận dông tố, đều bằng không). Nếu có chỉ 0,000001% sự chênh lệch trong các điện tích dương và âm ròng bên trong cơ thể của bạn, bạn sẽ bị xé toạc ra thành các mảnh nhỏ ngay lập tức, với các bộ phận cơ thể bạn bị lực tĩnh điện ném vào không gian.

Câu trả lời cho các câu đố lâu dài này có thể là việc vũ trụ đã đến từ hư không. Vì chân không có spin và điện tích ròng bằng không, nên bất kỳ vũ trụ con nào bật ra từ hư không cũng phải có spin và điện tích ròng bằng không.

Có một ngoại lệ rõ ràng đối với quy tắc này. Ngoại lệ đó là vũ trụ được hợp thành từ vật chất chứ không phải là phản vật chất.* Vì vật chất và phản vật chất là những thứ đối lập (với phản vật chất có điện tích trái dấu đúng bằng với vật chất), chúng ta có thể giả định rằng vụ nổ lớn phải tạo ra một lượng tương đương của vật chất và phản vật chất. Tuy nhiên, vấn đề là ở chỗ vật chất và phản vật chất sẽ tiêu diệt lẫn nhau khi tiếp xúc thành một vụ nổ tung của các tia gamma. Khi đó, chúng ta sẽ không tồn tại. Vũ trụ sẽ là một tập hợp ngẫu nhiên của các tia gamma thay vì thừa thãi vật chất thông thường. Nếu vụ nổ lớn là đối xứng hoàn hảo (hoặc nếu nó đã đến từ hư không), thì chúng ta phải mong chờ các lượng tương đương của vật chất và phản vật chất được hình thành. Vậy tại sao chúng ta lại tồn tại? Giải pháp được nhà vật lý người Nga là Andrei Sakharov đề xuất cho rằng vụ nổ lớn ban đầu đã không đối xứng hoàn hảo một chút nào. Đã có sự phá vỡ chút ít tính đối xứng giữa vật chất và phản vật chất tại thời khắc Sáng thế, sao cho vật chất đã trội hơn phản vật chất, làm cho vũ trụ mà chúng ta thấy xung quanh mình trở nên hiện hữu. (Tính đối xứng đã bị phá vỡ tại vụ nổ lớn được gọi là tính đối xứng CP(1), là sự đối xứng đảo ngược các điện tích và tính chẵn lẻ của các hạt vật chất và phản vật chất.) Nếu vũ trụ đã đến từ "hư không" thì có lẽ hư không

---

1. Phép đối xứng tổ hợp liên hợp điện tích và tính chẵn lẻ (CP) là kết hợp (tổ hợp) của đối xứng liên hợp điện tích (hay đảo dấu điện tích) C và đối xứng chẵn lẻ (hay đối xứng gương) P. Đối xứng CP phát biểu rằng các định luật vật lý sẽ không thay đổi khi đồng thời thực hiện chuyển từ hạt sang phản hạt và nghịch đảo tọa độ không gian.

đã không hoàn toàn trống rỗng, mà có một chút ít sự phá vỡ tính đối xứng, cho phép có sự trội hơn một chút của vật chất so với phản vật chất ngày nay. Nguồn gốc của sự vi phạm tính đối xứng này vẫn còn chưa được hiểu rõ.

CÁC VŨ TRỤ KHÁC CÓ THỂ TRÔNG GIỐNG CÁI GÌ?

Ý tưởng đa vũ trụ rất quyến rũ, vì tất cả những gì chúng ta phải làm là giả định rằng sự phá vỡ tự phát xảy ra ngẫu nhiên. Không cần bất kỳ giả định nào khác nữa. Mỗi lần khi một vũ trụ sinh ra từ một vũ trụ khác, các hằng số vật lý khác với bản gốc, tạo ra các quy luật mới của vật lý. Nếu điều này là đúng, thì một thực tại hoàn toàn mới có thể xuất hiện bên trong mỗi vũ trụ. Nhưng điều này gây ra một câu hỏi hấp dẫn: các vũ trụ khác này giống như cái gì? Chìa khóa để hiểu vật lý học của các vũ trụ song song là hiểu các vũ trụ đã được tạo ra như thế nào, nghĩa là hiểu chính xác sự phá vỡ tự phát xảy ra như thế nào.

Khi một vũ trụ được sinh ra và sự phá vỡ tự phát diễn ra, điều này cũng phá vỡ tính đối xứng của thuyết ban đầu. Đối với một nhà vật lý, vẻ đẹp nghĩa là tính đối xứng và tính đơn giản. Nếu một thuyết là đẹp, thì nghĩa là nó có một tính đối xứng mạnh có thể giải thích một lượng lớn các dữ liệu theo kiểu cô đọng và tiết kiệm nhất. Chính xác hơn, một phương trình được coi là đẹp nếu nó vẫn giữ nguyên khi chúng ta hoán đổi các thành phần với nhau. Một lợi thế lớn cho việc tìm kiếm các đối xứng tiềm ẩn của tự nhiên là ở chỗ chúng ta có thể chỉ ra rằng các hiện tượng dường như là khác biệt trên thực tế là các biểu hiện của cùng một thứ, đã liên kết với nhau bằng tính đối xứng. Chẳng hạn, chúng ta có thể thấy rằng điện trường và từ trường trên thực tế là hai mặt của cùng một thực thể, vì có một tính đối xứng có thể hoán đổi chúng lẫn nhau trong phạm vi các phương trình Maxwell. Tương tự, Einstein đã chỉ ra rằng thuyết tương đối có thể chuyển thời gian thành không gian và ngược lại, vì chúng là một phần của cùng một thực thể, là kết cấu của không-thời gian.

Hãy suy nghĩ về một bông tuyết, có một sự đối xứng bậc sáu đẹp đẽ, một nguồn quyến rũ vô tận. Bản chất vẻ đẹp của nó là ở chỗ nó vẫn là như vậy nếu chúng ta xoay bông tuyết đi 60 độ. Điều này cũng có nghĩa là bất cứ phương trình nào chúng ta viết ra để miêu tả bông tuyết này phải phản ánh thực tế đó, tức là nó vẫn bất biến sau các phép quay theo các bội số của 60 độ. Về mặt toán học, chúng ta nói rằng, bông tuyết có tính đối xứng C_6.

Các đối xứng khi ấy mã hóa vẻ đẹp tiềm ẩn của tự nhiên. Nhưng trên thực tế, ngày nay các đối xứng này đã bị phá vỡ khủng khiếp. Bốn lực lớn của vũ trụ không giống nhau một chút nào. Trên thực tế, vũ trụ đầy các bất thường và các khuyết tật; xung quanh chúng ta là các mẩu và các mảnh vỡ của tính đối xứng nguyên thủy ban đầu đã bị vụ nổ lớn làm bắn tung tóe. Do đó, chìa khóa để hiểu các vũ trụ song song có thể là hiểu được "sự phá vỡ tính đối xứng" - có nghĩa là, các đối xứng này có thể đã bị phá vỡ sau vụ nổ lớn như thế nào. Như nhà vật lý David Gross đã nói: "Bí mật của tự nhiên là tính đối xứng, nhưng phần lớn kết cấu của thế giới là do cơ chế của sự phá vỡ tính đối xứng."*

Hãy nghĩ về cách mà một tấm gương đẹp đẽ bị phá hủy thành một nghìn mảnh. Tấm gương ban đầu có tính đối xứng lớn. Bạn có thể xoay tấm gương đi một góc bất kỳ và nó vẫn phản xạ ánh sáng theo cùng một cách. Nhưng sau khi bị đập vỡ, tính đối xứng ban đầu bị phá vỡ. Việc xác định chính xác tính đối xứng này đã bị phá vỡ như thế nào sẽ xác định tấm gương này bị phá hủy như thế nào.

PHÁ VỠ TÍNH ĐỐI XỨNG

Để xem xét điều này, hãy nghĩ về sự phát triển của một phôi thai. Trong các giai đoạn đầu của nó, một vài ngày sau khi thụ thai, một phôi thai bao gồm một khối cầu hoàn hảo của các tế bào. Mỗi tế bào không khác gì với các tế bào khác. Nó tỏ ra y nguyên không phụ thuộc vào việc chúng ta xoay nó thế nào. Các nhà vật lý nói rằng phôi thai ở giai đoạn này có tính đối xứng O(3) - nghĩa là nó vẫn giữ nguyên không phụ thuộc vào việc bạn xoay nó thế nào trên bất kỳ trục nào.

Mặc dù phôi thai này là đẹp đẽ và tao nhã, nó cũng khá vô dụng. Là một khối cầu hoàn hảo, nó không thể thực hiện bất kỳ chức năng hữu ích nào hoặc tương tác với môi trường. Tuy nhiên, cuối cùng thì phôi thai phá vỡ tính đối xứng này, phát triển một cái đầu nhỏ và thân, sao cho nó giống như một con ki bowling. Mặc dù tính đối xứng cầu ban đầu bây giờ đã bị phá vỡ, nhưng phôi thai này vẫn có một tính đối xứng còn sót lại: nó vẫn giữ nguyên, nếu chúng ta quay nó dọc theo trục của nó. Vì vậy, nó có tính đối xứng trụ. Về mặt toán học, chúng ta nói rằng tính đối xứng O(3) ban đầu của hình cầu đã bị phá vỡ xuống thành tính đối xứng O(2) của hình trụ.

Tuy nhiên, sự phá vỡ tính đối xứng O(3) có thể tiến hành theo một cách khác. Chẳng hạn, sao biển⁽¹⁾ không có tính đối xứng trụ hoặc tính đối xứng hai bên; thay vì thế, khi tính đối xứng cầu bị phá vỡ, chúng có tính đối xứng C_5 (vẫn giữ nguyên hình dạng sau các phép quay 72 độ), tạo cho nó hình dạng sao năm cánh. Vì thế, cách thức mà tính đối xứng O(3) bị phá vỡ xác định hình dạng của sinh vật khi nó được sinh ra.

Tương tự, các nhà khoa học tin rằng vũ trụ đã bắt đầu trong trạng thái đối xứng hoàn hảo, với tất cả các lực thống nhất thành một lực duy nhất. Vũ trụ khi đó đẹp đẽ, đối xứng, nhưng khá vô dụng. Sự sống như chúng ta biết không thể tồn tại trong trạng thái hoàn hảo này. Nhằm đạt được khả năng tồn tại của sự sống, tính đối xứng của vũ trụ đã phải bị phá vỡ khi nó nguội đi.

TÍNH ĐỐI XỨNG VÀ MÔ HÌNH CHUẨN

Cũng giống như vậy, để hiểu các vũ trụ song song có thể giống như cái gì, trước hết chúng ta phải hiểu các đối xứng của các tương tác hạt nhân mạnh, yếu và điện từ. Chẳng hạn, lực hạt nhân mạnh dựa trên ba quark, mà các nhà khoa học gán nhãn bằng cách cho chúng một "màu sắc" hư cấu (ví dụ, đỏ, trắng và xanh). Chúng ta muốn các phương trình vẫn giữ nguyên nếu chúng ta hoán đổi ba quark màu này. Chúng ta nói rằng các phương trình này có tính đối xứng SU(3), nghĩa là khi chúng ta

---

(1) Động vật da gai thuộc lớp Asteroidea.

hoán đổi ba quark, các phương trình này vẫn giữ nguyên[1]. Các nhà khoa học tin rằng một thuyết với tính đối xứng SU(3) tạo nên sự miêu tả chuẩn xác nhất tương tác mạnh (gọi là sắc động lực học lượng tử). Nếu chúng ta có một siêu máy tính khổng lồ, bắt đầu chỉ với các khối lượng của các quark và cường độ các tương tác của chúng, chúng ta có thể, về mặt lý thuyết, tính toán tất cả các thuộc tính của proton và nơtron và tất cả các đặc trưng của vật lý hạt nhân.

Tương tự như vậy, giả sử chúng ta có hai lepton là electron và nơtrino. Nếu chúng ta hoán đổi chúng trong một phương trình, chúng ta có tính đối xứng SU(2). Chúng ta cũng có thể thêm ánh sáng vào, trong đó có nhóm đối xứng U(1) (nhóm đối xứng này đảo lộn các thành phần hay các phân cực khác nhau của ánh sáng với nhau). Như vậy, nhóm đối xứng của các tương tác hạt nhân yếu và điện từ là SU(2) × U(1).

Nếu chúng ta đơn giản gắn ba thuyết này lại với nhau, thì sẽ chẳng ngạc nhiên khi chúng ta có tính đối xứng SU(3) × SU(2) × U(1), hay nói cách khác, tính đối xứng pha trộn riêng rẽ ba quark với nhau và hai lepton với nhau (nhưng không pha trộn các quark với các lepton). Kết quả là thuyết Mô hình Chuẩn, mà như chúng ta đã thấy trước đó, có lẽ là một trong những thuyết thành công nhất mọi thời đại. Như Gordon Kane từ Đại học Michigan đã nói: "Tất cả mọi điều xảy ra trong thế giới của chúng ta (ngoại trừ các tác động của hấp dẫn) là do các tương tác hạt của Mô hình Chuẩn mà ra."* Một số dự đoán của nó đã được thử nghiệm trong phòng thí nghiệm cho thấy chúng vẫn giữ hiệu lực trong phạm vi một phần một trăm triệu (hai mươi giải Nobel đã được trao cho các nhà vật lý đã ráp nối các phần của Mô hình Chuẩn lại cùng nhau).

Cuối cùng, người ta có thể xây dựng một thuyết kết hợp tương tác hạt nhân mạnh, yếu và điện từ thành một tính đối xứng duy nhất. Thuyết thống nhất lớn đơn giản nhất có thể làm điều này sẽ hoán đổi cả năm hạt (ba quark và hai lepton) với nhau cùng một lúc. Không giống như tính đối xứng của Mô hình Chuẩn, tính đối xứng của thuyết thống nhất lớn có thể phối trộn các quark và lepton với nhau (có nghĩa là các proton có thể phân rã thành các electron). Nói cách khác, các thuyết thống nhất lớn chứa tính đối xứng SU(5) (hoán đổi tất cả năm hạt - ba quark và hai lepton - với nhau). Trong những năm qua, nhiều nhóm đối xứng khác đã được phân tích, nhưng SU(5) có lẽ là nhóm tối thiểu phù hợp với các dữ liệu.

---

[1] Đối xứng SU(3) là một loại đối xứng chuẩn liên quan đến sắc tích trong các quark theo sắc động lực học lượng tử. SU(3) là ký hiệu nhóm unita đặc biệt bậc 3.

Khi sự phá vỡ tự phát xảy ra, tính đối xứng của thuyết thống nhất lớn ban đầu có thể bị phá vỡ theo nhiều cách. Theo một cách, tính đối xứng của thuyết thống nhất lớn bị phá vỡ thành SU(3) × SU(2) × U(1) với đúng 19 tham số tự do mà chúng ta cần để miêu tả vũ trụ của mình. Điều này tạo cho chúng ta vũ trụ đã biết. Tuy nhiên, trên thực tế có nhiều cách phá vỡ tính đối xứng của thuyết thống nhất lớn. Các vũ trụ khác rất có thể sẽ có một tính đối xứng tàn dư hoàn toàn khác. Tại chính mức tối thiểu, các vũ trụ song song này có thể có các giá trị khác nhau của 19 tham số này. Nói cách khác, cường độ của các lực khác nhau sẽ là khác nhau trong các vũ trụ khác nhau, dẫn đến những thay đổi to lớn trong cấu trúc của mỗi vũ trụ. Chẳng hạn, bằng cách làm suy yếu cường độ của lực hạt nhân, người ta có thể ngăn ngừa sự hình thành của các ngôi sao, để vũ trụ ở trong tăm tối vĩnh cửu, làm cho sự sống không thể phát sinh. Nếu lực hạt nhân được tăng cường quá nhiều, các ngôi sao có thể đốt cháy nhiên liệu hạt nhân của chúng nhanh tới mức sự sống sẽ không có đủ thời gian để hình thành.

Nhóm đối xứng cũng có thể được thay đổi, tạo ra một vũ trụ của các hạt hoàn toàn khác biệt. Trong một vài vũ trụ này, các proton có thể không ổn định và sẽ nhanh chóng phân rã thành các phản electron. Các vũ trụ như vậy không thể có sự sống như chúng ta biết, mà sẽ nhanh chóng tan rã thành một màn sương mù không sự sống của các electron và notrino. Các vũ trụ khác lại có thể phá vỡ tính đối xứng của thuyết thống nhất lớn theo một cách khác, sao cho ở đó sẽ có các hạt ổn định hơn, giống như các proton. Trong vũ trụ như vậy, một lượng lớn các nguyên tố hóa học mới kỳ lạ có thể tồn tại. Sự sống trong các vũ trụ đó có thể phức tạp hơn so với sự sống trong vũ trụ của chính chúng ta, với nhiều nguyên tố hóa học hơn mà từ đó có thể tạo ra các chất hóa học giống như ADN.

Chúng ta cũng có thể phá vỡ tính đối xứng của thuyết thống nhất lớn ban đầu sao cho chúng ta có nhiều hơn một tính đối xứng U(1), do đó có nhiều hơn một dạng ánh sáng. Quả thật, đây sẽ là một vũ trụ kỳ lạ, trong đó các sinh vật có thể "nhìn thấy" bằng cách sử dụng không chỉ một loại lực mà là vài lực. Trong vũ trụ như vậy, những cặp mắt của mọi sinh vật sống có thể có một lượng lớn các thụ quan để phát hiện các hình thức khác nhau của bức xạ giống như ánh sáng.

Không có gì đáng ngạc nhiên là có hàng trăm, thậm chí có vô số cách để phá vỡ các đối xứng này. Mỗi một giải pháp này, đến lượt nó, lại có thể tương ứng với một vũ trụ hoàn toàn tách biệt.

CÁC DỰ ĐOÁN CÓ THỂ KIỂM CHỨNG

Thật không may, hiện nay khả năng kiểm chứng thuyết đa vũ trụ, bao hàm nhiều vũ trụ với các tập hợp khác nhau của các quy luật vật lý, là không thể thực hiện được. Người ta sẽ phải di chuyển nhanh hơn ánh sáng để tới gần các vũ trụ khác này. Nhưng một lợi thế của thuyết lạm phát là ở chỗ nó làm cho các dự đoán về bản chất của vũ trụ của chúng ta *hoàn toàn* có thể kiểm chứng.

Vì thuyết lạm phát là một thuyết lượng tử, nên nó dựa trên nguyên lý bất định Heisenberg, nền tảng của thuyết lượng tử. (Nguyên lý bất định phát biểu rằng bạn không thể thực hiện các phép đo với độ chính xác vô hạn đồng thời, chẳng hạn như đo vận tốc và vị trí của một electron. Không phụ thuộc vào việc các thiết bị của bạn nhạy tới mức nào, luôn luôn sẽ có sự không chắc chắn trong các phép đo của bạn. Nếu bạn biết vận tốc của một electron, thì bạn không thể biết vị trí chính xác của nó, còn nếu bạn biết vị trí của nó, thì bạn lại không thể biết vận tốc chính xác của nó). Áp dụng cho quả cầu lửa ban đầu đã bắt đầu vụ nổ lớn, nó có nghĩa là vụ nổ vũ trụ ban đầu không thể là "trơn nhẵn" đến vô cùng tận. (Nếu nó đã từng đồng nhất một cách hoàn hảo, thì chúng ta phải biết chính xác các quỹ đạo của các hạt hạ nguyên tử phát ra từ vụ nổ lớn, tức là vi phạm nguyên lý bất định.) Thuyết lượng tử cho phép chúng ta tính toán kích thước của các gợn sóng hay các thăng giáng này trong quả cầu lửa ban đầu. Nếu chúng ta sau đó thổi phồng các gợn sóng lượng tử nhỏ này, chúng ta có thể tính toán số lượng tối thiểu các gợn sóng mà chúng ta phải thấy trên nền vi sóng 380.000 năm sau vụ nổ lớn. (Và nếu chúng ta mở rộng các gợn sóng này cho tới ngày nay, chúng ta sẽ tìm thấy sự phân bố hiện tại của các quần thiên hà. Bản thân thiên hà của chúng ta đã bắt đầu từ một trong các thăng giáng nhỏ này.)

Ban đầu, nhìn lướt qua các dữ liệu từ vệ tinh COBE người ta đã không tìm thấy có các sai lệch hoặc các thăng giáng trong nền vi sóng. Điều này gây ra một số lo lắng trong số các nhà vật lý, bởi vì một nền vi sóng trơn nhẵn đến mức hoàn hảo sẽ vi phạm không chỉ thuyết lạm phát mà còn vi phạm toàn bộ thuyết lượng tử, bởi vì nó vi phạm nguyên lý bất định. Nó sẽ làm lung lay vật lý đến tận xương tủy. Toàn bộ nền tảng của vật lý lượng tử thế kỷ 20 có thể phải vứt bỏ hết.

Giải nguy cho các nhà khoa học, việc xem xét cẩn thận và chi tiết các dữ liệu từ vệ tinh COBE được máy tính hỗ trợ đã tìm thấy một tập hợp mờ nhạt các gợn sóng, các thăng giáng nhiệt độ ở mức $1/10^5$ - lượng sai lệch tối thiểu mà thuyết lượng tử có thể dung nạp. Những gợn sóng vô cùng nhỏ này đã phù hợp với thuyết lạm phát. Guth thú nhận: "Tôi đã hoàn toàn bạc đầu vì bức xạ nền vũ trụ. Tín hiệu yếu tới mức nó đã không được phát hiện cho tới tận năm 1965, và bây giờ người ta đang đo đạc các thăng giáng ở mức $1/10^5$."*

Mặc dù bằng chứng thực nghiệm thu thập được đang chậm chạp ủng hộ thuyết lạm phát, nhưng các nhà khoa học vẫn phải giải quyết vấn đề giá trị của omega đang làm tình làm tội họ - thực tế omega là 0,3 chứ không phải 1,0.

CÁC SAO SIÊU MỚI - SỰ TRỞ LẠI CỦA LAMBDA

Trong khi lạm phát hóa ra là phù hợp với các dữ liệu của COBE mà các nhà khoa học đã thu thập, thì các nhà thiên văn học vẫn càu nhàu trong thập niên 1990 rằng lạm phát đã vi phạm trắng trợn các dữ liệu thực nghiệm về omega. Thái độ này lần đầu tiên bắt đầu chuyển hướng vào năm 1998, hệ quả của các dữ liệu đến từ một hướng hoàn toàn không ngờ. Các nhà thiên văn đã cố gắng để tính toán tốc độ dãn nở của vũ trụ trong quá khứ xa xăm. Thay vì phân tích các sao biến quang Cepheid, như Hubble đã làm trong thập niên 1920, họ bắt đầu kiểm tra các sao siêu mới trong các thiên hà xa hàng tỉ năm ánh sáng trong quá khứ. Cụ thể, họ đã kiểm tra các sao siêu mới kiểu Ia[1], phù hợp một cách lý tưởng cho việc được sử dụng làm những ngọn nến chuẩn.

Các nhà thiên văn biết rằng các sao siêu mới kiểu này có độ sáng gần như nhau (độ sáng của các sao siêu mới kiểu Ia đã được biết đến rõ tới mức ngay cả những độ lệch nhỏ cũng có thể được định thang đo: sao siêu mới càng sáng thì nó suy giảm độ sáng càng chậm). Các sao siêu mới như vậy là hệ quả của trường hợp một sao lùn trắng trong một hệ sao đôi chậm chạp hút dần vật chất từ sao đồng hành của nó. Bằng cách ăn dần ngôi sao chị em của nó, sao lùn trắng này dần dần phát triển về khối lượng cho đến khi nó nặng tới 1,4 khối lượng Mặt Trời, là khối lượng tối đa có thể đối với một sao lùn trắng. Khi khối lượng vượt quá giới hạn này, chúng suy sụp (co lại rất mạnh) và nổ tung thành sao siêu mới kiểu Ia. Điểm phát nổ này là lý do tại sao các sao siêu mới kiểu Ia rất đồng nhất về độ sáng - đó là kết quả tự nhiên của các sao lùn trắng đạt tới một khối lượng tới hạn và sau đó suy sụp dưới tác động của lực hấp dẫn. (Như Subrahmanyan Chandrasekhar đã chỉ ra vào năm 1935, trong một sao lùn trắng lực hấp dẫn có xu hướng bóp nát ngôi sao được cân bằng bởi một lực đẩy giữa các electron, được gọi là áp suất suy biến electron. Nếu một sao lùn trắng nặng hơn 1,4 lần khối lượng Mặt Trời, thì lực hấp dẫn thắng được lực đẩy này và ngôi sao bị bóp nát, tạo ra sao siêu mới*). Vì các sao siêu mới xa xăm đã diễn ra trong vũ trụ thuở ban đầu, nên bằng cách phân tích chúng người ta có thể tính toán tốc độ dãn nở của vũ trụ hàng tỉ năm về trước.

---

[1] Các sao siêu mới được chia thành hai loại tùy theo sự hiện diện của hydrô, loại I không có hydrô. Loại Ia là vụ nổ sao siêu mới diễn ra trong một hệ sao đôi mà ít nhất 1 sao trong đó là sao lùn trắng.

Hai nhóm các nhà thiên văn độc lập (do Saul Perlmutter của "Dự án Vũ trụ học Sao siêu mới" và Brian P. Schmidt của "Nhóm tìm kiếm sao siêu mới có z cao"(1)) đã dự kiến tìm thấy rằng vũ trụ, mặc dù vẫn còn dãn nở, nhưng đã dần dần chậm lại. Đối với nhiều thế hệ các nhà thiên văn, điều này là một tín điều, được giảng dạy trong mọi lớp vũ trụ học - rằng sự dãn nở ban đầu đã dần dần giảm tốc.

Sau khi phân tích khoảng một tá sao siêu mới, họ thấy rằng vũ trụ ban đầu đã không dãn nở nhanh như người ta nghĩ trước đây (nghĩa là các dịch chuyển đỏ của các sao siêu mới và do đó vận tốc của chúng đã nhỏ hơn so với nghi vấn ban đầu). Khi so sánh tốc độ dãn nở của vũ trụ ban đầu với dãn nở ngày nay, họ đã kết luận rằng tốc độ dãn nở ngày nay là tương đối lớn hơn. Thật quá sốc với họ, khi hai nhóm này đã đi tới kết luận đáng kinh ngạc rằng vũ trụ *đang tăng tốc*.

Điều gây mất tinh thần cho họ là việc họ thấy rằng không thể làm cho các dữ liệu phù hợp dù lấy bất kỳ giá trị nào của omega. Cách duy nhất để làm cho các dữ liệu phù hợp với thuyết này là đưa trở lại hệ số lambda, năng lượng của chân không, lần đầu tiên được Einstein đưa ra. Hơn nữa, họ thấy rằng omega đã bị lấn át bởi một lambda lớn bất thường, và nó đã làm cho vũ trụ tăng tốc trong sự dãn nở kiểu de Sitter. Hai nhóm độc lập đi tới nhận thức gây sửng sốt này nhưng do dự không dám công bố các phát hiện của họ, vì định kiến lịch sử mạnh mẽ cho rằng giá trị của lambda bằng 0. Như George Jacoby từ Đài thiên văn Đỉnh núi Kitt đã nói: "Lambda luôn luôn là một khái niệm quái đản, và bất kỳ ai điên rồ nói rằng nó không bằng 0 đều bị coi là một kẻ mất trí."*

Schmidt nhớ lại: "Tôi vẫn còn lắc đầu không tin, nhưng chúng tôi đã kiểm tra mọi thứ... Tôi đã vô cùng miễn cưỡng kể cho mọi người, vì tôi thực sự đã nghĩ rằng chúng tôi sắp sửa bị

---

1. Z là chỉ số dịch chuyển về phía đỏ, biểu thị tốc độ rời xa của sao. Z dao động từ 0 và tiệm cận tới 1 (khi tốc độ rời xa của sao tiến tới bằng tốc độ ánh sáng).

'nghiền nát'."* Tuy nhiên, khi cả hai nhóm công bố các kết quả của họ trong năm 1998, ngọn núi đầy đủ các dữ liệu mà họ đã tích lũy không thể bị bác bỏ một cách dễ dàng. Lambda, "sai lầm lớn nhất" của Einstein, đã gần như bị hoàn toàn quên lãng trong vũ trụ học hiện đại, bây giờ đã lù lù quay trở lại một cách nổi bật sau 90 năm chìm trong quên lãng!

Các nhà vật lý đã lặng người đi. Edward Witten từ Viện Nghiên cứu cao cấp tại Princeton đã nói nó là "phát hiện thực nghiệm kỳ lạ nhất kể từ khi tôi nghiên cứu vật lý"*. Khi giá trị của omega là 0,3 được cộng thêm giá trị của lambda là 0,7 thì tổng (trong phạm vi sai số thực nghiệm) bằng 1,0 - đúng giá trị dự đoán của thuyết lạm phát. Giống như một trò chơi ghép hình đang được lắp ráp trước mắt chúng ta, các nhà vũ trụ học đang nhìn thấy miếng ghép còn thiếu của lạm phát. Nó đã đến từ chính bản thân chân không.

Kết quả này đã được vệ tinh WMAP tái khẳng định ngoạn mục, trong đó cho thấy năng lượng liên hệ với lambda, hay năng lượng tối, chiếm tới 73% tất cả vật chất và năng lượng trong vũ trụ, làm cho nó trở thành miếng ghép chủ đạo của trò chơi ghép hình này.

CÁC GIAI ĐOẠN CỦA VŨ TRỤ

Có lẽ đóng góp lớn nhất của vệ tinh WMAP là ở chỗ nó cho các nhà khoa học niềm tin rằng họ đang hướng đến một "Mô hình Chuẩn" của vũ trụ học. Mặc dù các lỗ hổng lớn vẫn còn tồn tại, nhưng các nhà vật lý thiên văn đang bắt đầu nhìn thấy phác thảo của một thuyết tiêu chuẩn hiện ra từ các dữ liệu. Theo bức tranh hiện nay chúng ta đang ráp nối, sự tiến hóa của vũ trụ đã tiếp diễn trong các giai đoạn khác biệt khi nó nguội đi. Sự chuyển tiếp của các giai đoạn này thể hiện sự phá vỡ một đối xứng và sự tách ra của một lực của tự nhiên. Đây là các giai đoạn và các mốc quan trọng như chúng ta biết tới chúng ngày nay:

1. Trước 10^{-43} giây - kỷ nguyên Planck

Hầu như không có gì chắc chắn về kỷ nguyên Planck. Ở mức năng lượng Planck (10^{19} tỉ electron vôn), lực hấp dẫn cũng đã mạnh như các lực lượng tử khác. Kết quả là bốn lực của vũ trụ có lẽ đã thống nhất thành một "siêu lực" duy nhất. Có lẽ vũ trụ đã tồn tại trong một giai đoạn hoàn hảo của "hư không", hoặc một không gian nhiều chiều trống rỗng. Tính đối xứng bí ẩn trộn lẫn cả bốn lực, để lại các phương trình như nhau, rất có thể là "tính siêu đối xứng" (bàn về tính siêu đối xứng, xem chương bảy). Vì các lý do không rõ, tính siêu đối xứng bí ẩn thống nhất cả bốn lực này đã bị phá vỡ, và một bong bóng nhỏ được hình thành, đó là vũ trụ phôi thai của chúng ta, có lẽ do kết quả của một thăng giáng lượng tử ngẫu nhiên. Bong bóng này có kích thước của "độ dài Planck", là 10^{-33} cm.

2. 10^{-43} giây - kỷ nguyên thống nhất lớn

Sự phá vỡ tính đối xứng đã xảy ra, tạo ra một bong bóng dãn nở nhanh. Khi bong bóng này phình ra, bốn lực cơ bản nhanh chóng tách khỏi nhau. Lực hấp dẫn là lực đầu tiên được tách khỏi ba lực khác, giải phóng một sóng xung kích ra khắp vũ trụ. Tính đối xứng ban đầu của siêu lực bị phá vỡ thành tính đối xứng nhỏ hơn, có lẽ chứa tính đối xứng thống nhất lớn SU(5). Các tương tác hạt nhân mạnh, hạt nhân yếu và điện từ còn lại vẫn được tính đối xứng thống nhất lớn này thống nhất. Vũ trụ phình ra (lạm phát) với một hệ số nhân khổng lồ (có lẽ là 10^{50}) trong suốt giai đoạn này, vì các lý do chưa được hiểu rõ, làm cho không gian dãn nở khủng khiếp, còn nhanh hơn cả tốc độ ánh sáng. Nhiệt độ là 10^{32} độ.

3. 10^{-34} giây - kết thúc lạm phát

Nhiệt độ đã giảm xuống 10^{27} độ khi lực hạt nhân mạnh tách khỏi hai lực kia. (Nhóm đối xứng thống nhất lớn bị phá vỡ thành $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$.) Thời kỳ lạm phát đã kết thúc, cho phép vũ trụ chuyển xuống dãn nở Friedmann chuẩn. Vũ trụ bao gồm một món "xúp" plasma nóng của các quark, các gluon và các lepton. Các quark tự do kết tụ thành các proton và nơtron của ngày nay. Vũ trụ của chúng ta vẫn còn khá nhỏ, chỉ cỡ như kích thước của hệ Mặt Trời hiện nay. Vật chất và phản vật chất bị tiêu diệt, nhưng một lượng dư nhỏ của vật chất so với phản vật chất (một phần tỉ) đã để lại đằng sau vật chất mà chúng ta thấy xung quanh mình ngày nay. (Đây là khoảng năng lượng mà chúng ta hy vọng sẽ nhân đôi trong vài năm tới bằng máy hạt gia tốc hạt Large Hadron Collider[1].)

4. 3 phút - hình thành các hạt nhân

Nhiệt độ đã giảm xuống đủ cho các hạt nhân hình thành mà không bị tách ra vì sức nóng dữ dội. Hyđrô hợp nhất thành hêli (tạo thành tỉ lệ 75% hyđrô/25% hêli tìm thấy ngày nay). Những lượng dấu vết của liti cũng được hình thành, nhưng sự hợp hạch của các nguyên tố cao hơn bị dừng lại vì các hạt nhân với 5 hạt là rất không ổn định. Vũ trụ đục (không trong suốt), vì ánh sáng bị các electron tự do tán xạ. Điều này đánh dấu sự kết thúc của quả cầu lửa nguyên thủy.

5. 380.000 năm - các nguyên tử được sinh ra

Nhiệt độ đã giảm xuống tới 3.000 độ Kelvin. Các nguyên tử hình thành khi các electron chuyển động ổn định xung quanh các hạt nhân mà không bị tách ra vì nhiệt. Các photon bây giờ có thể tự do di chuyển mà không bị hấp thụ. Đây là bức xạ được COBE và WMAP đo được. Vũ trụ, từng có thời mờ đục và đầy plasma, bây giờ đã trở nên trong suốt. Bầu trời, thay vì có màu trắng, bây giờ đã trở nên đen.

6. 1 tỉ năm - các ngôi sao kết tụ

Nhiệt độ đã giảm xuống tới 18 độ. Các chuẩn tinh, các thiên hà, và các quần thiên hà đã bắt đầu kết tụ, chủ yếu là phụ phẩm của các gợn sóng lượng tử nhỏ trong quả cầu lửa ban đầu. Các ngôi sao đã bắt đầu "nấu" ra các nguyên tố nhẹ, như cacbon, ôxy và nitơ. Các ngôi sao đang nổ tung đã phun các nguyên tố vượt quá sắt trong bảng tuần hoàn vào bầu trời. Đây là thời kỳ xa nhất mà kính viễn vọng không gian Hubble có thể thăm dò được.

7. 6,5 tỉ năm - dãn nở de Sitter

Dãn nở Friedmann dần dần kết thúc, vũ trụ bắt đầu tăng tốc và tiến vào một giai đoạn tăng tốc gọi là dãn nở de Sitter, do một lực phản hấp dẫn bí ẩn vẫn chưa được hiểu rõ chi phối.

---

[1] Nghĩa là máy va chạm hadron lớn.

8. 13,7 tỉ năm - ngày nay

Hiện tại. Nhiệt độ đã giảm xuống tới 2,7 độ. Chúng ta thấy vũ trụ hiện tại của các thiên hà, các ngôi sao và các hành tinh. Vũ trụ vẫn tiếp tục tăng tốc theo phương thức tản ra xa.

TƯƠNG LAI

Mặc dù ngày nay thuyết lạm phát có sức mạnh giải thích các bí ẩn về vũ trụ trên quy mô lớn, nhưng điều này không chứng minh rằng nó là đúng. (Ngoài ra, các thuyết đối thủ gần đây đã được đề xuất, như chúng ta thấy trong chương bảy.) Kết quả về sao siêu mới phải được kiểm tra đi kiểm tra lại, tính toán đến các yếu tố như bụi và các dị thường trong việc tạo ra các sao siêu mới. "Khẩu súng bốc khói"(1) cuối cùng sẽ xác nhận hay bác bỏ kịch bản lạm phát chính là các "sóng hấp dẫn" đã sinh ra tại thời khắc của vụ nổ lớn. Các sóng hấp dẫn này, cũng giống như nền vi sóng, vẫn còn dội lại trong khắp vũ trụ và trên thực tế có thể được tìm thấy bởi các thiết bị dò sóng hấp dẫn, như chúng ta sẽ thấy trong chương chín. Lạm phát đưa ra các dự báo cụ thể về bản chất của các sóng hấp dẫn này và các thiết bị dò sóng hấp dẫn sẽ tìm thấy chúng.

Nhưng một trong những dự đoán khơi gợi nhất của lạm phát không thể kiểm tra trực tiếp, đó là sự tồn tại của các "vũ trụ con" đang tồn tại trong một đa vũ trụ, với mỗi vũ trụ tuân theo một tập hợp các quy luật vật lý khác biệt đôi chút. Để hiểu được đầy đủ các hệ quả của đa vũ trụ này, điều quan trọng tiên quyết là hiểu rằng lạm phát tận dụng đầy đủ lợi thế từ các kết quả kỳ quái của cả các phương trình Einstein lẫn thuyết lượng tử. Trong thuyết của Einstein, chúng ta có sự tồn tại có thể có của nhiều vũ trụ, còn trong thuyết lượng tử, chúng ta có các công cụ có thể có để chui hầm giữa các vũ trụ. Và trong phạm vi của một nền tảng mới gọi là thuyết M, chúng ta có thể có thuyết cuối cùng, có thể giải quyết rốt ráo những câu hỏi về các vũ trụ song song và du hành thời gian.

---

1. Lấy tích từ truyện "Cuộc phiêu lưu của con tàu Gloria Scott" trong *Những hồi ức về Sherlock Holmes* của Arthur Conan Doyle, nghĩa bóng là bằng chứng thuyết phục.

PHẦN HAI

ĐA VŨ TRỤ

CHƯƠNG NĂM

CÁC CỔNG ĐA CHIỀU VÀ DU HÀNH TRONG THỜI GIAN

> Bên trong mọi lỗ đen đang suy sụp có thể chứa các mầm giống của một vũ trụ dãn nở mới.
>
> \- Tôn ông Martin Rees

> Các lỗ đen có thể là các lỗ hổng dẫn đến hệ thời gian khác. Khi chúng ta chui xuống một lỗ đen, liệu chúng ta có tái xuất hiện trong một phần khác của vũ trụ và trong một kỷ nguyên khác hay không thì vẫn chỉ là điều phỏng đoán... Các lỗ đen có thể là lối vào các xứ sở thần tiên. Nhưng ở đó có các Alice hay những con thỏ trắng hay không?
>
> \- Carl Sagan

Thuyết tương đối rộng giống như một con ngựa thành Troy. Bề ngoài, thuyết này là tuyệt diệu. Chỉ với vài giả định đơn giản, người ta có thể thu được các đặc trưng chung của vũ trụ, bao gồm sự uốn cong của ánh sáng sao và bản thân vụ nổ lớn, tất cả trong số đó đã được đo đạc với độ chuẩn xác đáng kinh ngạc. Ngay cả lạm phát cũng có thể được điều chỉnh thích hợp, nếu chúng ta tự tay thêm một hằng số vũ trụ vào vũ trụ ban đầu. Các giải pháp này giúp chúng ta đưa ra thuyết có tính thuyết phục nhất về sự sinh diệt của vũ trụ.

Nhưng chúng ta thấy nấp bên trong con ngựa này là tất cả các loại yêu ma quỷ quái, bao gồm các lỗ đen, các lỗ trắng, các lỗ giun và thậm chí cả các cỗ máy thời gian thách đố tri giác thông thường. Các dị thường này từng được xem là kỳ dị tới mức ngay cả bản thân Einstein cũng nghĩ rằng chúng không bao giờ có thể tồn tại trong tự nhiên. Trong nhiều năm, ông đã vất vả chống lại các giải pháp kỳ lạ này. Ngày nay, chúng ta biết rằng các dị thường này không thể dễ dàng gạt bỏ. Chúng là phần không thể thiếu của thuyết tương đối rộng. Và trên thực tế, chúng thậm chí có thể cung cấp sự cứu giúp cho bất kỳ sinh vật có trí tuệ nào đang đương đầu với vụ đóng băng lớn.

Nhưng có lẽ kỳ lạ nhất trong các dị thường này là khả năng tồn tại của các vũ trụ song song và các cửa ngõ kết nối chúng. Nếu chúng ta nhớ lại phép ẩn dụ mà Shakespeare đưa ra rằng cả thế giới là một sân khấu, thì thuyết tương đối rộng thừa nhận khả năng tồn tại của các cửa sập. Nhưng thay vì dẫn đến tầng hầm, chúng ta thấy rằng các cửa sập này dẫn tới các sân khấu song song giống như sân khấu gốc. Hãy tưởng tượng một sân khấu cuộc sống bao gồm các sân khấu nhiều tầng, với tầng này xếp chồng lên tầng kia. Trên từng sân khấu, các diễn viên diễn đọc lời thoại và thả bộ vòng quanh phông cảnh dựng, nghĩ rằng sân khấu của họ là duy nhất mà lãng quên về khả năng các thực tại khác thay thế. Tuy nhiên, nếu một ngày nào đó họ vô tình sa vào một cửa sập, họ thấy bản thân mình lọt vào một sân khấu hoàn toàn mới, với các quy luật mới, các nguyên tắc mới, và một kịch bản mới.

Nhưng nếu có tồn tại một lượng vô hạn các vũ trụ, thì liệu sự sống có hiện diện trong bất kỳ vũ trụ nào với các quy luật vật lý khác nhau hay không? Đó là một câu hỏi mà Isaac Asimov đã đặt ra trong truyện khoa học giả tưởng kinh điển của ông là *The Gods Themselves* (Bản thân các vị thần), trong đó ông tạo ra một vũ trụ song song với lực hạt nhân khác với lực hạt nhân của chính chúng ta. Ở đó nảy sinh những khả năng đầy thích thú khi các quy luật vật lý thông thường bị hủy bỏ và các quy luật mới được đưa vào.

Câu chuyện bắt đầu vào năm 2070, khi một nhà khoa học tên là Frederick Hallam tình cờ nhận ra rằng vonfram-186 thông thường bị chuyển hóa thành plutoni-186 một cách kỳ lạ và bí ẩn, dĩ nhiên do nó có quá nhiều proton nên sẽ không ổn định. Hallam nêu ra giả thuyết nguyên tố plutoni-186 kỳ lạ này đã đến từ một vũ trụ song song, nơi mà lực hạt nhân mạnh hơn nhiều, vì vậy nó thắng được lực đẩy của các proton. Vì nguyên tố plutoni-186 kỳ lạ này phát ra một lượng lớn năng lượng dưới dạng các electron, nên có thể khai thác nó để tạo ra một lượng năng lượng tự do khổng lồ. Năng lượng này kích hoạt bơm điện tử Hallam trứ danh, giúp giải quyết cuộc khủng hoảng năng lượng trên Trái Đất, biến ông thành người giàu có. Nhưng có một cái giá phải trả. Nếu có đủ plutoni-186 xa lạ tiến vào vũ trụ của chúng ta, thì lực hạt nhân nói chung sẽ gia tăng cường độ. Điều này có nghĩa là có nhiều năng lượng hơn sẽ được giải phóng từ quá trình hợp hạch, và Mặt Trời sẽ bừng sáng hơn và cuối cùng nổ tung, tiêu diệt toàn bộ hệ Mặt Trời!

Trong khi đó, những người ngoài hành tinh trong vũ trụ song song lại có một viễn cảnh khác. Vũ trụ của họ đang hấp hối. Lực hạt nhân trong vũ trụ của họ là rất mạnh, nghĩa là các ngôi sao đang tiêu thụ hyđrô với tốc độ chóng mặt và sẽ nhanh chóng chết đi. Họ thiết lập một cơ chế trao đổi, nhờ đó plutoni-186 vô dụng được gửi đến vũ trụ của chúng ta để đổi lấy vonfram-186 có giá trị, cho phép họ tạo ra bơm positron cứu vãn thế giới đang hấp hối của họ. Mặc dù họ nhận thức rõ rằng lực hạt nhân sẽ tăng mạnh về cường độ trong vũ trụ của chúng ta, làm cho các ngôi sao của chúng ta nổ tung, nhưng họ không quan tâm.

Trái Đất đang tiến nhanh tới một thảm họa. Nhân loại lúc này đã trở nên phụ thuộc vào năng lượng tự do của Hallam, nên không tin rằng Mặt Trời sẽ nổ tung trong nay mai. Thế nhưng, một nhà khoa học khác đã tìm ra một giải pháp tài tình cho câu hỏi hóc búa này. Ông một mực tin rằng chắc hẳn phải tồn tại các vũ trụ song song khác. Ông đã cải tiến thành công một máy đập vỡ nguyên tử mạnh mẽ để có thể tạo ra một lỗ hổng trong không gian nhằm kết nối vũ trụ của chúng ta với nhiều vũ trụ khác. Tìm kiếm trong vô vàn vũ trụ ấy, cuối cùng ông tìm thấy một vũ trụ song song trống rỗng giống như "quả trứng vũ trụ" có chứa một lượng vô hạn năng lượng, nhưng với một lực hạt nhân yếu hơn.

Bằng cách hút năng lượng từ quả trứng vũ trụ này, ông có thể tạo một bơm năng lượng mới và đồng thời làm suy yếu lực hạt nhân trong vũ trụ của chúng ta, theo cách ấy ngăn không cho Mặt Trời nổ tung. Tuy nhiên, vẫn có một cái giá phải trả: lực hạt nhân của vũ trụ song song mới này sẽ bị tăng lên, khiến nó nổ tung. Nhưng ông lập luận rằng vụ nổ này sẽ chỉ đơn thuần làm cho quả trứng vũ trụ "nở", tạo ra một vụ nổ lớn mới. Trên thực tế, ông thấy rõ là mình sẽ trở thành bà đỡ cho một vũ trụ dãn nở mới.

Truyện khoa học giả tưởng của Asimov là một truyện hiếm hoi thực sự sử dụng các định luật của vật lý hạt nhân để xoay vòng một câu chuyện về lòng tham, âm mưu và sự cứu rỗi. Asimov đã đúng khi giả định rằng việc thay đổi cường độ các lực trong vũ trụ của chúng ta sẽ mang lại những hậu quả tai hại, rằng các ngôi sao sẽ bừng sáng lên rồi nổ tung nếu lực hạt nhân được gia tăng cường độ. Điều này cũng nêu lên một câu hỏi không thể tránh khỏi: các vũ trụ song song liệu có phù hợp với các định luật vật lý hay không? Và nếu phù hợp, thì chúng ta cần làm gì để tiến vào một vũ trụ như thế?

Để trả lời cho những câu hỏi này, trước hết chúng ta phải hiểu được bản chất của các lỗ giun, năng lượng âm, và tất nhiên là cả các thiên thể bí ẩn được gọi là các lỗ đen.

CÁC LỖ ĐEN

Năm 1783, nhà thiên văn người Anh John Michell là người đầu tiên tự hỏi điều gì sẽ xảy ra nếu một ngôi sao to tới mức bản thân ánh sáng cũng không thể thoát ra. Bất kỳ thiên thể nào, như ông biết, đều có một "vận tốc thoát ly" (hay vận tốc vũ trụ cấp 2), là vận tốc cần thiết để bứt khỏi lực hút hấp dẫn của nó. (Chẳng hạn, đối với Trái Đất vận tốc thoát ly là 25.000 dặm trên giờ (40.200 km/h), là tốc độ mà bất kỳ tên lửa nào cũng phải đạt được để thoát khỏi trường hấp dẫn của Trái Đất.)

Michell tự hỏi điều gì có thể xảy ra nếu một ngôi sao trở nên khổng lồ tới mức vận tốc thoát ly của nó bằng với tốc độ ánh sáng. Trường hấp dẫn của nó sẽ phải khủng khiếp tới mức không gì có thể thoát ra khỏi nó, kể cả ánh sáng, và vì thế thiên thể sẽ dường như tối đen với thế giới bên ngoài. Việc tìm kiếm một thiên thể như vậy trong không gian là điều vô ích, vì nó sẽ trở nên vô hình.

Những điều cật vấn của Michell về các "ngôi sao tối" đã bị lãng quên trong khoảng một thế kỷ rưỡi. Nhưng chủ đề này lại nổi lên vào năm 1916, khi Karl Schwarzschild, một nhà vật lý người Đức phục vụ trong quân đội Đức ở mặt trận Nga, đã tìm thấy một nghiệm chính xác của các phương trình Einstein áp dụng cho một ngôi sao nặng. Ngay cả ngày nay, nghiệm Schwarzschild vẫn được biết đến là nghiệm chính xác đơn giản nhất và tao nhã nhất của các phương trình Einstein. Einstein rất ngạc nhiên vì Schwarzschild lại có thể tìm ra nghiệm của các phương trình tenxơ (tensor) phức tạp của mình trong khi đang núp tránh đạn pháo. Ông càng ngạc nhiên hơn khi nghiệm Schwarzschild có những thuộc tính kỳ quặc.

Xét một cách tổng quát, nghiệm Schwarzschild có thể tương ứng với lực hấp dẫn của một ngôi sao thông thường, và Einstein nhanh chóng áp dụng nghiệm này để tính toán xấp xỉ lực hấp dẫn xung quanh Mặt Trời và kiểm tra các tính toán trước đó của ông. Vì điều này ông luôn luôn biết ơn Schwarzschild. Nhưng trong bài báo thứ hai của mình, Schwarzschild đã chỉ ra rằng xung quanh một ngôi sao rất lớn có một "quyển ma quái" tưởng tượng với những tính chất kỳ quái. Quyển ma quái này là điểm không thể quay lại. Bất cứ ai hay thứ gì nếu đi qua quyển ma quái này ngay lập tức sẽ bị hút vào ngôi sao đó dưới tác động của lực hấp dẫn mà không bao giờ còn được nhìn thấy nữa. Thậm chí cả Type equation here.ánh sáng cũng không thể thoát ra nếu rơi vào vùng cầu này. Schwarzschild không hề biết rằng ông đã tái phát hiện ngôi sao tối của Michell, thông qua các phương trình Einstein.

Tiếp theo ông đã tính toán bán kính cho hình cầu ma quái này (gọi là bán kính Schwarzschild). Đối với một thiên thể kích thước cỡ như Mặt Trời của chúng ta, quyển ma quái này có bán kính khoảng 2 dặm (3 km). (Đối với Trái Đất, bán kính Schwarzschild của nó là khoảng 1 cm). Điều này có nghĩa rằng nếu người ta có thể nén Mặt Trời xuống tới 3 km thì nó sẽ trở thành một ngôi sao tối và nuốt chửng bất kỳ thiên thể nào vượt qua điểm không thể quay lại này.

Về mặt thực nghiệm, sự tồn tại của quyển ma quái không gây ra vấn đề gì, vì không thể nén Mặt Trời xuống tới 3 km. Không có cơ chế đã biết nào để tạo ra một ngôi sao quái dị như vậy. Nhưng về mặt lý thuyết, nó là một thảm họa. Mặc dù thuyết tương đối rộng của Einstein có thể mang lại thành quả xuất sắc, như giải thích sự uốn cong của ánh sáng sao xung quanh Mặt Trời, nhưng thuyết này trở nên vô lý khi bạn tiếp cận quyển ma quái của nó, nơi mà lực hấp dẫn trở nên lớn vô hạn.

Johannes Droste, một nhà vật lý Hà Lan, khi đó đã chỉ ra rằng nghiệm Schwarzschild thậm chí còn điên rồ hơn. Theo thuyết tương đối, các chùm sáng có thể bị cong đi ghê gớm khi phóng nhanh lại gần thiên thể. Quả thật, ở cự ly 1,5 lần bán kính Schwarzschild, các tia sáng đã quay tròn xung quanh ngôi sao loại này. Droste chỉ ra rằng các biến dạng của thời gian trong thuyết tương đối rộng xung quanh các ngôi sao nặng này còn tồi tệ hơn những gì tìm thấy trong thuyết tương đối hẹp. Ông đã chỉ ra rằng, khi bạn tiếp cận quyển ma quái này, người nào đó quan sát từ xa sẽ nói rằng đồng hồ của bạn chạy ngày càng chậm hơn, cho đến khi nó dừng lại hoàn toàn khi bạn va phải thiên thể này. Trên thực tế, người quan sát sẽ nói rằng bạn đã bị đóng băng về thời gian khi tiến tới quyển ma quái. Vì chính thời gian sẽ ngừng lại tại điểm này, một số nhà vật lý tin rằng một thiên thể kỳ lạ như vậy không bao giờ có thể tồn tại trong tự nhiên. Vấn đề trở nên thú vị hơn nữa khi nhà toán học Herman Weyl chỉ ra rằng nếu người ta khám phá ra thế giới bên trong quyển ma quái, thì có thể sẽ tồn tại một vũ trụ khác ở phía bên kia.

Tất cả những điều này kỳ quái tới mức ngay cả Einstein cũng không thể tin. Năm 1922, trong một hội nghị ở Paris, nhà toán học Jacques Hadamard đã hỏi Einstein điều gì sẽ xảy ra nếu "tính kỳ dị" này là có thực, có nghĩa là, nếu hấp dẫn trở thành vô hạn tại bán kính Schwarzschild. Einstein đã trả lời: "Nó sẽ là một thảm họa thật sự đối với thuyết tương đối rộng, và sẽ rất khó để nói *tiên nghiệm* những gì có thể xảy ra về mặt vật lý vì không áp dụng công thức được nữa."* Einstein sau đó gọi điều này là "thảm họa Hadamard". Nhưng ông nghĩ rằng tất cả tranh cãi xung quanh các ngôi sao tối chỉ là phỏng đoán thuần túy. Thứ nhất, chưa có ai đã từng gặp một thiên thể kỳ quái như vậy, và có lẽ chúng không tồn tại, nghĩa là, chúng là phi thực thể. Hơn nữa, bạn sẽ bị nghiền nát nếu rơi vào một thiên thể như vậy. Và vì người ta không bao giờ có thể vượt qua quyển ma quái (vì thời gian đã dừng lại), nên không một ai có thể tiến vào vũ trụ song song này.

Trong thập niên 1920, các nhà vật lý đã hoàn toàn lúng túng trước vấn đề này. Nhưng vào năm 1932, George Lemaître, cha đẻ của thuyết vụ nổ lớn đã thực hiện một bước đột phá quan trọng. Ông đã chỉ ra rằng quyển ma quái không hề là một điểm kỳ dị nơi lực hấp dẫn trở thành vô hạn mà nó chỉ là một ảo tưởng toán học do lựa chọn một tập hợp không may mắn trong toán học gây ra. (Nếu người ta chọn một tập hợp các tọa độ khác hoặc các tham biến để kiểm tra quyển ma quái thì điểm kỳ dị này biến mất.)

Dựa theo kết quả này, nhà vũ trụ học H. P. Robertson sau đó đã tái kiểm tra kết quả ban đầu của Droste rằng thời gian dừng lại tại quyển ma quái. Ông thấy rằng thời gian chỉ dừng lại tại nơi một người quan sát đang theo dõi con tàu vũ trụ tiến vào quyển ma quái. Tại điểm quan sát ở chính tàu vũ trụ đó, sẽ chỉ mất một phần vô cùng nhỏ của giây để lực hấp dẫn hút tuột bạn lao thẳng qua quyển ma quái. Nói cách khác, một nhà du hành vũ trụ không đủ may mắn để vượt qua quyển ma quái sẽ thấy mình bị nghiền nát gần như ngay lập tức, nhưng đối với một người quan sát theo dõi từ bên ngoài, việc đó dường như phải mất hàng nghìn năm.

Đây là một kết quả quan trọng. Nó có nghĩa rằng quyển ma quái là có thể đạt tới và không còn có thể bị bỏ qua vì bị coi là một điều kỳ quái toán học. Lúc này, cần phải xem xét nghiêm túc điều gì có thể xảy ra nếu người ta vượt qua được quyển ma quái. Các nhà vật lý sau đó đã tính toán được một cuộc hành trình đi qua quyển ma quái có thể giống như cái gì. (Ngày nay, quyển ma quái này được gọi là chân trời sự kiện. Chân trời ở đây ngụ ý là điểm xa nhất mà người ta có thể nhìn thấy. Ở đây đề cập tới điểm xa nhất mà ánh sáng có thể di chuyển. Bán kính của chân trời sự kiện được gọi là bán kính Schwarzschild.)

Khi bạn tới gần một lỗ đen trong một con tàu vũ trụ, bạn sẽ thấy ánh sáng bị lỗ đen bắt giữ hàng tỉ năm trước, có niên đại ngược về khoảnh khắc đầu tiên khi chính lỗ đen được tạo ra. Nói cách khác, lịch sử hình thành lỗ đen sẽ được hé lộ với bạn. Khi bạn tiến vào gần hơn, các lực thủy triều sẽ dần dần tách các nguyên tử của cơ thể bạn ra, thậm chí cho đến khi các hạt nhân nguyên tử của bạn sẽ giống như món mì ống Ý. Cuộc hành trình qua chân trời sự kiện sẽ là một chuyến đi một chiều, vì hấp dẫn sẽ là mạnh tới mức chắc chắn bạn sẽ bị hút thẳng vào trung tâm, nơi bạn sẽ bị nghiền nát đến chết. Một khi đã ở trong chân trời sự kiện, sẽ không thể quay trở lại. (Để thoát khỏi chân trời sự kiện, người ta sẽ phải di chuyển nhanh hơn ánh sáng, và đó là điều không thể.)

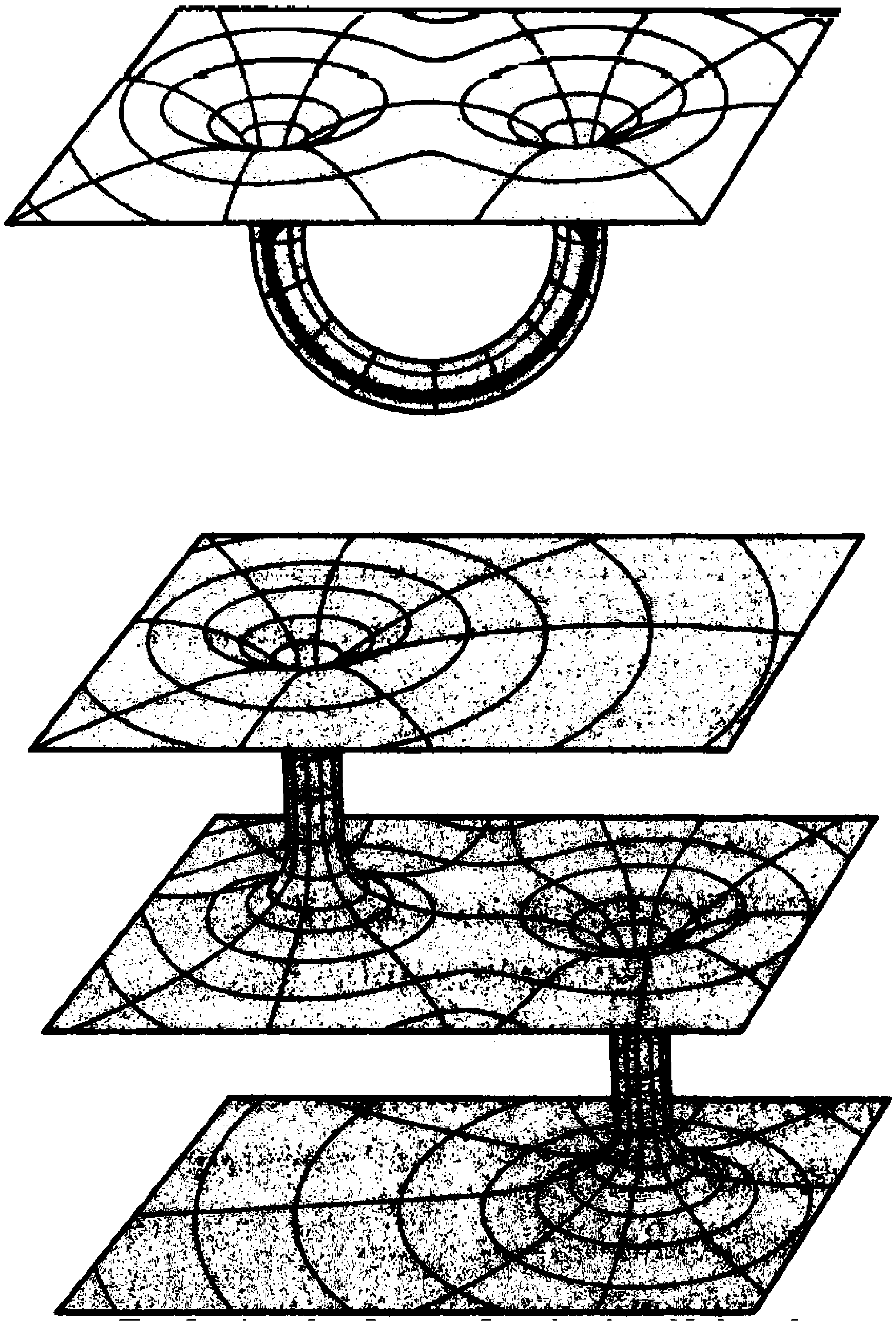
Năm 1939, Einstein đã viết một bài báo trong đó ông đã tìm cách loại bỏ các ngôi sao tối như thế, tuyên bố rằng chúng không thể được hình thành bằng các quá trình tự nhiên. Ông đã bắt đầu bằng giả định cho rằng một ngôi sao hình thành từ một tập hợp xoáy tít gồm bụi, khí và mảnh vụn đang xoay trong một khối cầu, dần dần tụ tập lại cùng nhau vì lực hấp dẫn. Sau đó ông đã chỉ ra rằng tập hợp các hạt đang xoáy tít này sẽ không bao giờ suy sụp (co mạnh) trong phạm vi bán kính Schwarzschild của nó, và vì thế sẽ không bao giờ trở thành một lỗ đen. Cùng lắm thì khối các hạt xoáy tít này sẽ đạt tới 1,5 lần bán kính Schwarzschild, và vì thế lỗ đen sẽ không bao giờ hình thành. (Để đạt tới mức dưới 1,5 lần bán kính Schwarzschild, người ta sẽ phải di chuyển nhanh hơn tốc độ ánh sáng, một điều không thể.) "Kết quả cốt yếu của nghiên cứu này là sự hiểu biết rõ ràng tại sao các 'điểm kỳ dị Schwarzschild' không tồn tại trong thực tại vật chất,"* Einstein đã viết.

Cũng vậy, Arthur Eddington đã có sự dè dặt sâu xa về các lỗ đen và ôm một mối nghi ngờ suốt đời rằng chúng không bao giờ có thể tồn tại. Ông đã từng nói rằng phải có "một quy luật của Tự nhiên ngăn chặn một ngôi sao hành xử theo cách phi lý này"*.

Trớ trêu thay, trong cùng năm đó, J. Robert Oppenheimer (người sau này chế tạo ra bom nguyên tử) và học trò của ông là Hartland Snyder đã chỉ ra rằng một lỗ đen quả thật *có thể* hình thành, thông qua một cơ chế khác. Thay vì giả định rằng một lỗ đen hình thành từ một tập hợp các hạt xoáy tít đang sụp đổ dưới tác động của hấp dẫn, họ đã sử dụng điểm nghiên cứu ban đầu là một ngôi sao già nặng đã sử dụng hết nhiên liệu hạt nhân và vì thế nổ tung vào trong dưới tác động của lực hấp dẫn. Chẳng hạn, một ngôi sao kềnh đang hấp hối với khối lượng gấp 40 lần Mặt Trời có thể cạn kiệt nhiên liệu hạt nhân của mình và bị nén bởi hấp dẫn tới phạm vi bán kính Schwarzschild của nó là 130 km, trong trường hợp đó nó chắc chắn sẽ suy sụp thành một lỗ đen. Họ đề xuất rằng các lỗ đen không chỉ hiện hữu mà chúng có thể là điểm kết thúc tự nhiên cho hàng tỉ ngôi sao kềnh đang hấp hối trong thiên hà. (Có lẽ ý tưởng về sự nổ vào trong, Oppenheimer khám phá ra vào năm 1939, đã truyền cảm hứng cho ông về cơ chế nổ vào trong được sử dụng trong bom nguyên tử chỉ vài năm sau đó.)

CẦU EINSTEIN-ROSEN

Mặc dù Einstein từng nghĩ rằng các lỗ đen tồn tại trong tự nhiên là điều không tưởng, nhưng khi đó ông đã châm biếm chỉ ra rằng chúng thậm chí còn kỳ lạ hơn so với những gì mà bất cứ ai đã nghĩ, ở chỗ các lỗ giun nằm ở chính giữa một lỗ đen. Các nhà toán học gọi chúng là các không gian đa kết nối. Các nhà vật lý gọi chúng là các lỗ giun, vì giống như một con giun đào bới trong lòng đất, chúng tạo ra một đường tắt giữa hai điểm. Chúng đôi khi được gọi là các cổng hay các cửa ngõ đa chiều. Bất kể bạn gọi chúng là gì, một ngày nào đó chúng có thể cung cấp các phương tiện tối hậu của việc du hành liên chiều.



Cầu Einstein-Rosen. Tại trung tâm của một lỗ đen, có một "cổ họng" kết nối không-thời gian tới một vũ trụ khác hay một điểm khác trong vũ trụ của chúng ta. Mặc dù mọi vật sẽ chết ngay tắp lự nếu du hành qua một lỗ đen tĩnh, nhưng các lỗ đen quay có một vùng kỳ dị giống như một cái vòng, như vậy hoàn toàn có khả năng chui qua vòng và vượt qua cầu Einstein-Rosen, mặc dù điều này vẫn còn là suy đoán.

Người đầu tiên truyền bá các lỗ giun là nhà văn Charles Dodgson, bút danh Lewis Carroll. Trong tác phẩm *Through the Looking Glass* (Thế giới trong gương), ông đã giới thiệu lỗ giun như chiếc gương soi, kết nối vùng quê Oxford với Xứ sở Thần tiên. Là một giáo sư toán học và giảng viên Đại học Oxford, Dodgson đã quen thuộc với các không gian đa kết nối này. Theo định nghĩa, một không gian đa kết nối là một không gian trong đó một dây thòng lọng không thể bị co nhỏ lại thành một điểm. Thông thường, trong không gian của chúng ta, bất kỳ một cái vòng thòng lọng nào cũng có thể dễ dàng thu nhỏ thành một điểm. Nhưng nếu chúng ta ở trong một chiếc bánh rán có lỗ thủng ở giữa (doughnut), thì có thể đặt chiếc dây thòng lọng trên bề mặt của nó sao cho nó bao quanh lỗ của chiếc bánh rán này. Khi chúng ta từ từ thu hẹp vòng này, chúng ta thấy rằng nó không thể bị thu hẹp thành một điểm; cùng lắm thì nó chỉ có thể bị thu hẹp thành đường bao của lỗ hổng này.

Các nhà toán học vui sướng với thực tế rằng họ đã tìm thấy một đối tượng hoàn toàn vô dụng trong việc miêu tả không gian. Nhưng vào năm 1935, Einstein và học trò của ông là Nathan Rosen đã du nhập các lỗ giun vào thế giới vật lý. Họ đã cố gắng sử dụng giải pháp lỗ đen làm mô hình cho các hạt cơ bản. Einstein chưa bao giờ thích ý tưởng có từ thời Newton rằng lực hấp dẫn của hạt trở nên vô hạn khi bạn tới gần nó. Einstein nghĩ rằng "điểm kỳ dị" này phải bị loại bỏ vì nó vô nghĩa.

Einstein và Rosen nêu ra một ý tưởng mới mẻ về việc miêu tả một lỗ đen như một electron (thường được nghĩ đến như là một điểm rất nhỏ không có cấu trúc). Theo cách này, thuyết tương đối rộng có thể sử dụng để giải thích các bí ẩn của thế giới lượng tử trong thuyết trường thống nhất. Họ đã bắt đầu với lời giải lỗ đen tiêu chuẩn, tương tự như một chiếc bình lớn với cái cổ dài. Sau đó họ cắt cổ bình, và nối nó với một lời giải lỗ đen khác đã được lộn ngược. Đối với Einstein, cấu hình lạ lùng nhưng uyển chuyển này sẽ thoát khỏi điểm kỳ dị tại khởi nguyên của lỗ đen và có thể hoạt động như một electron.

Thật không may, ý tưởng của Einstein về việc miêu tả một lỗ đen như một electron đã thất bại. Nhưng ngày nay, các nhà vũ trụ học suy đoán rằng cầu Einstein-Rosen có thể thực hiện vai trò như một cửa ngõ giữa hai vũ trụ. Chúng ta có thể đi đi lại lại tự do trong một vũ trụ cho đến khi vô tình rơi vào một lỗ đen, tại đó chúng ta có thể bị hút tuột qua lỗ và xuất hiện ở phía bên kia (thông qua một lỗ trắng).

Đối với Einstein, bất kỳ lời giải nào cho các phương trình của ông, nếu nó đã bắt đầu với một điểm khởi đầu đáng tin cậy về mặt vật lý, phải tương ứng với một thực thể có khả năng tồn tại. Nhưng ông đã không lo lắng về việc một ai đó rơi vào một lỗ đen và tiến vào một vũ trụ song song. Các lực thủy triều sẽ trở thành vô hạn tại trung tâm lỗ đen, và bất cứ ai kém may mắn rơi vào một lỗ đen, các nguyên tử trên cơ thể họ sẽ bị xé toạc bởi trường hấp dẫn. (Cầu Einstein-Rosen mở ra ngay tức khắc, nhưng nó đóng lại nhanh tới mức không một vật thể nào có thể kịp vượt qua nó để sang được phía bên kia). Quan điểm của Einstein là dù các lỗ giun có thể tồn tại, nhưng các sinh vật sống không bao giờ có thể vượt qua một lỗ giun mà còn sống để kể về nó.

CÁC LỖ ĐEN QUAY

Tuy nhiên, năm 1963, quan điểm này đã bắt đầu thay đổi, khi nhà toán học New Zealand là Roy Kerr tìm ra một lời giải chính xác cho phương trình Einstein miêu tả một ngôi sao đang hấp hối có lẽ thuộc loại thực tế nhất: một lỗ đen quay. Vì bảo toàn mômen động lượng, nên khi một ngôi sao suy sụp do hấp dẫn, nó quay nhanh hơn. (Điều này cũng giải thích tại sao các thiên hà đang quay trông giống như những chiếc chong chóng, và tại sao những người trượt băng quay nhanh hơn khi họ thu tay của họ vào trong.) Một ngôi sao đang quay có thể suy sụp thành một vòng các notron, vẫn sẽ ổn định vì lực ly tâm mạnh đẩy ra phía ngoài, triệt tiêu lực hấp dẫn hướng vào trong. Đặc trưng đáng kinh ngạc của một lỗ đen như vậy là nếu bạn rơi vào một lỗ đen Kerr, bạn sẽ *không* bị nghiền nát. Thay vì thế, bạn sẽ bị hút hoàn toàn qua cầu Einstein-Rosen để tới một vũ trụ song song. "Vượt qua vòng ma quái này và - ơ kìa! - bạn đang ở trong một vũ trụ hoàn toàn khác có bán kính và khối lượng đều âm!" Kerr reo lên với một đồng nghiệp, khi ông phát hiện ra giải pháp này*.

Tấm gương soi của Alice cũng giống như chiếc vòng Kerr đang quay. Nhưng bất kỳ một chuyến đi nào xuyên qua vòng Kerr đều sẽ là chuyến đi một chiều. Nếu bạn đã vượt qua chân trời sự kiện xung quanh vòng Kerr, lực hấp dẫn có thể không đủ để nghiền nát bạn, nhưng nó hoàn toàn đủ để ngăn chặn bạn quay ngược trở lại qua chân trời sự kiện. (Trên thực tế, lỗ đen Kerr có hai chân trời sự kiện. Một số người suy đoán rằng bạn có thể cần tới một vòng Kerr thứ hai, kết nối vũ trụ song song ngược trở lại với vũ trụ của chúng ta, để thực hiện một chuyến trở về.) Theo nghĩa nào đó thì một lỗ đen Kerr có thể so sánh với một thang máy bên trong một tòa nhà chọc trời. Thang máy này tương ứng với cầu Einstein-Rosen, nối các tầng khác nhau, trong đó mỗi tầng là một vũ trụ khác nhau. Trên thực tế, có một lượng vô hạn các tầng trong tòa nhà chọc trời này, mỗi một tầng lại khác biệt với các tầng khác. Nhưng thang máy này không bao giờ có thể đi xuống. Chỉ có một nút "lên". Một khi bạn rời khỏi một tầng, hoặc vũ trụ, bạn sẽ không thể quay trở lại vì bạn đã vượt qua một chân trời sự kiện.

Các nhà vật lý có nhiều quan điểm khác nhau về mức độ ổn định của vòng Kerr. Một số tính toán cho thấy nếu một người nào đó cố gắng vượt qua vòng này, chỉ riêng sự hiện diện của người đó cũng sẽ làm lỗ đen mất ổn định, và cửa ngõ vào sẽ đóng lại. Chẳng hạn, nếu một tia sáng tiến vào lỗ đen Kerr, nó sẽ thu được năng lượng khổng lồ khi nó rơi về hướng trung tâm và trở thành dịch chuyển xanh - có nghĩa là, nó sẽ tăng tần số và năng lượng. Khi nó tiến gần chân trời, nó sẽ có nhiều năng lượng tới mức nó sẽ giết chết bất cứ ai cố gắng vượt qua cầu Einstein-Rosen. Nó cũng sẽ sinh ra trường hấp dẫn của riêng nó, và trường này có thể can thiệp vào lỗ đen ban đầu, có lẽ sẽ phá hủy cửa ngõ vào.

Tóm lại, trong khi một số nhà vật lý tin rằng lỗ đen Kerr là thực tế nhất trong số tất cả các lỗ đen, và quả thật nó có thể kết nối các vũ trụ song song, thì vẫn chưa rõ khi tiến vào cầu này sẽ an toàn đến mức nào hoặc con đường này sẽ ổn định đến mức nào.

QUAN SÁT CÁC LỖ ĐEN

Do những tính chất kỳ quái của các lỗ đen, nên cho tới tận đầu thập niên 1990 sự tồn tại của chúng vẫn được coi là khoa học giả tưởng. "Mười năm trước, nếu bạn tìm thấy một thiên thể mà bạn nghĩ là một lỗ đen ở trung tâm của một thiên hà, thì một nửa giới khoa học sẽ nghĩ bạn là một kẻ ngớ ngẩn."* nhà thiên văn Douglas Richstone từ Đại học Michigan bình luận năm 1998. Kể từ đó, các nhà thiên văn đã nhận dạng được hàng trăm lỗ đen trong khoảng không vũ trụ thông qua kính viễn vọng không gian Hubble, kính viễn vọng không gian tia X Chandra (đo các phát xạ tia X từ các nguồn sao và nguồn thiên hà mạnh), và kính viễn vọng vô tuyến cực lớn (bao gồm một loạt các kính viễn vọng vô tuyến mạnh mẽ tại New Mexico). Trên thực tế, nhiều nhà thiên văn tin rằng hầu hết các thiên hà trên bầu trời (có bầu phồng lên tại phần tâm đĩa thiên hà) có các lỗ đen tại trung tâm.

Như đã dự đoán, tất cả các lỗ đen được tìm thấy trong không gian đều quay rất nhanh, một số được kính viễn vọng không gian Hubble ghi lại là đạt tốc độ quay khoảng một triệu dặm mỗi giờ (1.61 triệu km/h). Tại trung tâm, người ta có thể thấy một lõi phẳng, hình tròn kích thước thường khoảng một năm ánh sáng. Bên trong lõi đó là chân trời sự kiện và chính bản thân lỗ đen.

Do lỗ đen là vô hình, nên các nhà thiên văn phải sử dụng các phương pháp gián tiếp để xác nhận sự tồn tại của chúng. Trong các bức ảnh, họ cố gắng nhận dạng "đĩa bồi tích" của khối khí xoáy tít bao quanh lỗ đen. Các nhà thiên văn hiện nay đã thu thập được các bức ảnh tuyệt đẹp của các đĩa bồi tích vật chất này. (Các đĩa này xuất hiện phổ biến ở các thiên thể quay nhanh trong vũ trụ. Thậm chí Mặt Trời của chính chúng ta có lẽ cũng đã có một đĩa tương tự bao quanh nó ở giai đoạn hình thành cách đây 4,5 tỉ năm, sau đó đã ngưng tụ thành các hành tinh. Lý do hình thành nên các đĩa này là vì chúng tương ứng với trạng thái năng lượng thấp nhất đối với các thiên thể quay nhanh như vậy.) Bằng cách sử dụng các định luật Newton về chuyển động, các nhà thiên văn có thể tính toán khối lượng của thiên thể trung tâm nhờ biết được vận tốc của các ngôi sao bay trên quỹ đạo xung quanh nó. Nếu khối lượng của thiên thể trung tâm có vận tốc thoát ly bằng tốc độ ánh sáng, thì ngay cả bản thân ánh sáng cũng không thể thoát ra, đó là bằng chứng gián tiếp về sự tồn tại của một lỗ đen.

Chân trời sự kiện nằm ở trung tâm của đĩa bồi tích. (Thật không may là nó quá nhỏ để được nhận dạng bằng công nghệ hiện tại. Nhà thiên văn Fulvio Melia tuyên bố rằng việc chộp được chân trời sự kiện của một lỗ đen trên phim là "báu vật được săn lùng" của khoa học lỗ đen.) Không phải tất cả khí rơi về hướng một lỗ đen đều vượt qua chân trời sự kiện. Một số trong chúng chuyển động vòng qua chân trời sự kiện và bứt ra với các vận tốc vô cùng lớn và bị bắn vào không gian, tạo thành hai luồng khí dài tỏa ra từ các cực bắc và nam của lỗ đen. Điều này làm cho lỗ đen có bề ngoài như của một con quay đang quay. (Lý do các luồng khí bị đẩy ra như thế có lẽ là do tác động của các đường sức từ của ngôi sao đang suy sụp, vì chúng trở nên mạnh hơn và tập trung ở các cực bắc và nam. Khi ngôi sao tiếp tục suy sụp, các đường sức từ này tụ lại thành hai ống tỏa ra từ cực bắc và nam. Khi các hạt ion hóa rơi vào các ngôi sao đã suy sụp, chúng cuốn theo lực tác động của các đường sức từ hẹp này và bị đẩy ra thành các luồng khí đi qua các từ trường cực bắc và cực nam.)

Hiện nay đã có hai loại lỗ đen đã được nhận dạng. Loại thứ nhất là lỗ đen sao, trong đó lực hấp dẫn nghiền bẹp một ngôi sao đang hấp hối cho đến khi nó nổ tung vào trong. Tuy nhiên, loại thứ hai dễ dàng phát hiện hơn. Chúng là các lỗ đen thiên hà, ẩn nấp tại chính trung tâm các thiên hà khổng lồ và các chuẩn tinh, nặng hàng triệu đến hàng tỉ lần khối lượng Mặt Trời.

Gần đây, một lỗ đen đã được xác định chắc chắn ở trung tâm Ngân Hà của chính chúng ta. Nhưng thật không may, các đám mây bụi che khuất trung tâm thiên hà, nếu không thế thì từ Trái Đất chúng ta đã có thể quan sát được một quả cầu lửa khổng lồ mỗi đêm đến từ hướng chòm sao Cung Thủ (Sagittarius). Nếu không có đám mây bụi đó, trung tâm Ngân Hà của chúng ta có lẽ sẽ sáng hơn cả Mặt Trăng, làm cho nó trở thành thiên thể sáng nhất trên bầu trời đêm. Lỗ đen tại lõi của thiên hà này nặng khoảng 2,5 triệu lần khối lượng mặt trời. Về kích thước, nó bằng khoảng một phần mười bán kính quỹ đạo của sao Thủy. Theo tiêu chuẩn thiên hà, đây không phải là một lỗ đen đặc biệt lớn; các chuẩn tinh có thể có các lỗ đen nặng vài tỉ lần khối lượng Mặt Trời. Lỗ đen trong sân sau nhà chúng ta hiện nay khá im lìm.

Lỗ đen thiên hà gần nhất kế tiếp nằm ở trung tâm của thiên hà Tiên Nữ (Andromeda), thiên hà gần Trái Đất nhất. Nó nặng gấp 30 triệu lần khối lượng Mặt Trời, và bán kính Schwarzschild của nó là khoảng 60 triệu dặm (khoảng 97 triệu kilômét). (Tại trung tâm của thiên hà Tiên Nữ có ít nhất là hai thiên thể lớn, có lẽ là các phần còn sót lại của một thiên hà trước đây đã bị Tiên Nữ nuốt chửng hàng tỉ năm trước. Nếu cuối cùng Ngân Hà của chúng ta va chạm với Tiên Nữ sau vài tỉ năm nữa, thì rất có thể, thiên hà của chúng ta sẽ bị nuốt chửng trong "dạ dày" của thiên hà Tiên Nữ.)

Một trong những bức ảnh đẹp nhất về lỗ đen thiên hà là bức ảnh của thiên hà NGC 4261 được chụp bằng kính viễn vọng không gian Hubble. Trong quá khứ, hình ảnh qua kính viễn vọng vô tuyến của thiên hà này đã cho thấy hai luồng khí rất thanh nhã phụt ra khỏi các cực bắc và nam của thiên hà này, nhưng không một ai biết cơ chế hoạt động phía sau nó là gì. Kính thiên văn Hubble đã chụp ảnh chính trung tâm của thiên hà này, khám phá ra một đĩa tuyệt đẹp trải rộng khoảng 400 năm ánh sáng. Tại chính trung tâm của nó là một chấm rất nhỏ chứa đĩa bồi tích, kích thước khoảng một năm ánh sáng. Lỗ đen ở trung tâm, mà kính viễn vọng Hubble không thể nhìn thấy, nặng khoảng 1,2 tỉ lần khối lượng Mặt Trời.

Các lỗ đen thiên hà giống như thế này mạnh tới mức chúng có thể ngốn trọn vẹn các ngôi sao. Năm 2004, NASA và Cơ quan Vũ trụ châu Âu thông báo rằng họ đã phát hiện một lỗ đen khổng lồ trong một thiên hà xa xôi đang nuốt chửng một ngôi sao. Cả kính viễn vọng tia X Chandra lẫn vệ tinh XMM-Newton của châu Âu đã quan sát cùng một sự kiện: một chùm các tia X phát ra từ thiên hà RX J1242-11, báo hiệu rằng một ngôi sao đã bị lỗ đen khổng lồ ở trung tâm nuốt chửng. Khối lượng của lỗ đen này ước tính nặng gấp 100 triệu lần khối lượng Mặt Trời của chúng ta. Các tính toán đã chỉ ra rằng, khi một ngôi sao tiến tới cận kề chân trời sự kiện của một lỗ đen, lực hấp dẫn khổng lồ làm biến dạng và kéo dãn ngôi sao cho đến khi nó bị nổ tung, làm phát ra một chùm các tia X để lộ chân tướng. "Ngôi sao này đã bị kéo dãn vượt quá điểm phá vỡ của nó. Ngôi sao xấu số này chỉ lang thang vào nhầm nhà hàng xóm,"* nhà thiên văn Stefanie Komossa từ Viện Max Planck ở Garching, Đức nhận xét.

Sự hiện diện của các lỗ đen đã giúp giải quyết nhiều bí ẩn tồn tại từ lâu nay. Chẳng hạn, thiên hà M-87 đã luôn gây tò mò cho các nhà thiên văn vì nó trông giống như một quả cầu sao khổng lồ gắn một cái "đuôi" kỳ lạ. Vì nó phát ra lượng bức xạ dồi dào, nên từng có thời điểm các nhà thiên văn nghĩ rằng cái đuôi này chính là một luồng phản vật chất. Nhưng ngày nay, các nhà thiên văn đã nhận thấy rằng nó được một lỗ đen khổng lồ, có lẽ nặng 3 tỉ lần khối lượng Mặt Trời, cung cấp năng lượng. Và hiện nay, người ta tin rằng cái đuôi kỳ lạ này là một luồng plasma khổng lồ, tuôn trào chứ không chảy ngược vào trong thiên hà này.

Một trong những khám phá ngoạn mục hơn liên quan tới các lỗ đen được phát hiện khi kính viễn vọng tia X Chandra đã có thể nhòm qua một khe nhỏ xuyên qua đám mây bụi trong khoảng không vũ trụ để quan sát một tập hợp các lỗ đen nằm gần rìa vũ trụ nhìn thấy được. Tổng cộng, nó đã quan sát được 600 lỗ đen. Ngoại suy từ đó, các nhà thiên văn ước tính có ít nhất là 300 triệu lỗ đen trên toàn thể bầu trời đêm.

CÁC VỤ BÙNG PHÁT TIA GAMMA

Các lỗ đen đề cập trên đây có lẽ đã hàng tỉ năm tuổi. Nhưng hiện nay các nhà thiên văn hiếm có cơ hội nhìn thấy các lỗ đen đang trong giai đoạn hình thành. Một số trong số này có thể là các vụ bùng phát tia gamma bí ẩn giải phóng lượng năng lượng vô cùng lớn trong vũ trụ. Các vụ bùng phát tia gamma khổng lồ chỉ đứng sau chính vụ nổ lớn khi xét theo năng lượng mà chúng giải phóng.

Lịch sử các vụ bùng phát tia gamma cũng rất lạ lùng, có từ thời Chiến tranh Lạnh. Vào cuối thập niên 1960, Hoa Kỳ đã lo lắng rằng Liên Xô hay một quốc gia khác có thể bí mật cho nổ một quả bom hạt nhân, có lẽ là trên phần hoang vắng của Trái Đất hoặc thậm chí là trên Mặt Trăng, vi phạm các hiệp ước quốc tế hiện hành. Vì thế Hoa Kỳ đã phóng vệ tinh Vela nhằm phát hiện các "chớp hạt nhân", hoặc các vụ nổ bom hạt nhân trái phép. Vì một vụ nổ hạt nhân trải qua các giai đoạn khác biệt, phần triệu giây kế tiếp nhau, mỗi chớp hạt nhân phát ra là một chớp sáng kép đặc trưng mà vệ tinh có thể nhìn thấy. (Vệ tinh Vela đã bắt được hai chớp hạt nhân như vậy trong thập niên 1970 ngoài khơi bờ biển đảo Hoàng tử Edward gần Nam Phi, nơi có mặt các tàu chiến Israel, các quan sát hiện vẫn còn bị cộng đồng tình báo tranh cãi.)

Nhưng điều làm Lầu Năm Góc giật mình là vệ tinh Vela đã bắt được dấu hiệu của các vụ nổ hạt nhân cực lớn trong không gian. Liệu có phải Liên Xô đã bí mật cho nổ bom nhiệt hạch trong không gian sâu thẳm, bằng cách sử dụng một công nghệ tiên tiến chưa được biết đến hay không? Quan ngại trước viễn cảnh những người Xô viết có thể đã vượt qua Mỹ trong công nghệ vũ khí, các nhà khoa học hàng đầu đã được tập hợp lại để phân tích những tín hiệu gây lo ngại sâu sắc này.

Sau khi Liên Xô sụp đổ, thấy rằng việc giữ kín các thông tin này là điều không cần thiết nữa, vì thế Lầu Năm Góc đã chuyển một núi dữ liệu thiên văn cho giới thiên văn học, làm mọi người sửng sốt. Lần đầu tiên trong nhiều thập kỷ, một hiện tượng thiên văn hoàn toàn mới mẻ với năng lượng và phạm vi bao la đã được tiết lộ. Các nhà thiên văn nhanh chóng nhận ra rằng các vụ bùng phát tia gamma này, đúng như tên gọi, có sức mạnh khổng lồ, giải phóng trong vòng vài giây lượng năng lượng bằng toàn bộ năng lượng của Mặt Trời trong suốt cuộc đời khoảng 10 tỉ năm của nó. Nhưng những sự kiện này cũng chỉ là thoáng qua; từng được vệ tinh Vela phát hiện ra, chúng đã mờ nhạt đi nhiều tới mức khi các kính thiên văn mặt đất hướng về phía chúng thì đã không quan sát được gì nữa. (Phần lớn các bùng phát kéo dài từ 1 tới 10 giây, nhưng bùng phát ngắn nhất chỉ kéo dài 0,01 giây, và một vài vụ kéo dài tới vài phút.)

Ngày nay, các kính viễn vọng không gian, các máy tính và các đội phản ứng nhanh đã làm tăng khả năng phát hiện các vụ bùng phát tia gamma của chúng ta. Khoảng ba lần mỗi ngày, các vụ bùng phát tia gamma lại được phát hiện, lập ra một chuỗi phức tạp các sự kiện. Ngay khi năng lượng từ một vụ bùng phát được vệ tinh phát hiện, các nhà thiên văn sử dụng các máy tính nhanh chóng định vị các tọa độ chính xác của nó và chĩa thêm nhiều kính viễn vọng và các cảm biến chính xác về hướng của nó.

Các dữ liệu từ các thiết bị này đã tiết lộ các kết quả thực sự kinh ngạc. Tại tâm của các vụ bùng phát tia gamma này có một thiên thể với kích thước thường chỉ vài chục dặm. Nói cách khác, sức mạnh vũ trụ không thể tưởng tượng của các vụ bùng phát tia gamma được tập trung trong một khu vực chỉ cỡ như thành phố New York. Trong nhiều năm, các ứng viên hàng đầu cho các vụ bùng phát như vậy là các sao notron đang va chạm nhau trong một hệ sao đôi. Theo thuyết này, khi quỹ đạo của các ngôi sao notron này tan rã theo thời gian, và khi chúng đi theo một đường xoắn ốc chết chóc, cuối cùng chúng sẽ va vào nhau và giải phóng ra một lượng năng lượng khổng lồ. Tuy các sự kiện như vậy là cực hiếm, nhưng vì vũ trụ quá mênh mông, và vì các vụ bùng phát này chiếu sáng toàn bộ vũ trụ, nên chúng được nhìn thấy vài lần trong ngày.

Nhưng vào năm 2003, chứng cứ mới mà các nhà khoa học đã thu thập lại chỉ ra rằng các vụ bùng phát tia gamma là kết quả của một "sao cực siêu mới" ("hypernova") tạo ra một lỗ đen rất nặng. Bằng cách tập trung nhanh chóng các kính viễn vọng và các vệ tinh theo hướng của các vụ bùng phát tia gamma, các nhà khoa học đã thấy rằng chúng giống như một sao siêu mới rất nặng. Vì một ngôi sao đang phát nổ có một từ trường rất lớn và phóng ra bức xạ qua hai cực bắc và nam của nó, nên các sao siêu mới này bị lầm tưởng là phát ra nhiều năng lượng hơn bản thân nó trong thực tế - nghĩa là chúng ta quan sát thấy các vụ bùng phát này chỉ khi chúng hướng trực tiếp vào Trái Đất, tạo ra một ấn tượng sai lầm rằng chúng mạnh hơn so với thực tế.

Nếu quả thật các vụ bùng phát tia gamma là các lỗ đen đang trong quá trình hình thành, thì các thế hệ kính viễn vọng không gian kế tiếp sẽ có khả năng phân tích chúng hết sức chi tiết và có lẽ sẽ trả lời cho một số câu hỏi bí ẩn nhất của chúng ta về không gian và thời gian. Cụ thể, nếu các lỗ đen có thể uốn cong không gian thành một chiếc bánh quy hình vòng xoắn thì chúng có thể uốn cong thời gian hay không?

CỖ MÁY THỜI GIAN VAN STOCKUM

Thuyết của Einstein liên kết không gian và thời gian thành một khối thống nhất không thể tách rời. Kết quả là, bất cứ một lỗ giun nào kết nối hai điểm xa xôi trong không gian cũng kết nối hai điểm xa xôi về thời gian. Nói cách khác, thuyết của Einstein thừa nhận khả năng du hành trong thời gian.

Bản thân khái niệm thời gian đã phát triển qua nhiều thế kỷ. Đối với Newton, thời gian giống như một mũi tên; một khi đã bắn ra, nó không bao giờ đổi chiều và di chuyển luôn luôn chính xác và không đổi tới mục tiêu của nó. Sau đó Einstein đã giới thiệu khái niệm về không gian bị bẻ cong, vì thế thời gian giống nhiều hơn với một con sông nhẹ nhàng tăng tốc hoặc chậm lại khi nó chảy quanh co qua vũ trụ. Nhưng Einstein đã lo lắng rằng dòng sông thời gian có thể uốn cong trở lại vào chính nó. Biết đâu có thể tồn tại các xoáy nước hoặc các ngã ba trong con sông thời gian.

Năm 1937, khả năng này đã được nhận ra khi W. J. Van Stockum tìm thấy một nghiệm của các phương trình Einstein cho phép du hành trong thời gian. Ông đã bắt đầu với một hình trụ xoay dài vô hạn. Mặc dù về mặt tự nhiên thì không thể xây dựng một vật thể vô hạn, ông đã tính toán rằng nếu như một hình trụ xoay ở hoặc gần với tốc độ ánh sáng, nó sẽ kéo theo cơ cấu không-thời gian, giống như mật đường được kéo đi cùng với các lưỡi của một máy xay sinh tố. (Điều này được gọi là hiệu ứng kéo hệ quy chiếu, và hiện nay về mặt thực nghiệm nó đã được nhìn thấy trong các bức ảnh chi tiết về các lỗ đen quay.)

Bất cứ ai đủ can đảm để du hành vòng quanh hình trụ này sẽ lướt nhanh, đạt được các tốc độ không tưởng. Trên thực tế, đối với một người quan sát ở xa, thì dường như cá nhân này đã vượt quá tốc độ ánh sáng. Mặc dù bản thân Van Stockum đã không nhận ra nó vào thời điểm đó rằng, bằng cách thực hiện một chuyến đi trọn vẹn xung quanh hình trụ, bạn có thể thực sự quay trở lại về thời gian, quay về thời điểm trước khi bạn rời đi. Nếu bạn đã rời đi vào lúc giữa trưa, thì lúc bạn quay về điểm bắt đầu của bạn, chẳng hạn, có thể là 6 giờ tối hôm trước. Hình trụ này quay càng nhanh thì bạn ngược trở lại thời gian càng xa hơn. (Hạn chế duy nhất là bạn không thể ngược trở lại thời gian xa hơn thời điểm ra đời bản thân hình trụ này.)

Vì hình trụ này giống như một cây nêu, nên mỗi lần bạn nhảy xung quanh cây cột này, bạn sẽ cuộn ngược trở lại xa hơn nữa về thời gian. Tất nhiên, người ta có thể từ bỏ qua một lời giải như vậy vì các hình trụ không thể dài vô hạn. Ngoài ra, nếu một hình trụ như vậy có thể được tạo lập, thì các lực ly tâm trên hình trụ sẽ vô cùng khủng khiếp, vì nó quay gần với tốc độ ánh sáng, khiến cho vật liệu tạo nên hình trụ này bị vỡ tứ tung.

VŨ TRỤ GÖDEL

Năm 1949, Kurt Gödel, một nhà logic toán lớn, đã tìm thấy một lời giải thậm chí còn kỳ lạ hơn cho các phương trình Einstein. Ông giả định rằng toàn thể vũ trụ đang quay tròn. Giống như hình trụ Van Stockum, người ta lướt nhanh bởi bản chất như mật đường của không-thời gian. Bằng cách bay trên một con tàu vũ trụ xung quanh vũ trụ Gödel, bạn quay lại điểm bắt đầu của mình nhưng dịch chuyển ngược trở lại về thời gian.

Về mặt nguyên tắc, trong vũ trụ của Gödel, một người có thể du hành giữa hai điểm bất kỳ trong không gian và thời gian trong vũ trụ. Chúng ta đều có thể tham dự mỗi sự kiện diễn ra trong bất cứ khoảng thời gian nào, bất kể nó xa đến đâu trong quá khứ. Vì có lực hấp dẫn, nên vũ trụ Gödel có xu hướng tự suy sụp vào chính nó. Do đó, lực ly tâm của chuyển động tự quay phải cân bằng với lực hấp dẫn này. Nói cách khác, vũ trụ phải quay vượt một tốc độ nhất định. Vũ trụ càng lớn thì xu hướng suy sụp càng lớn, và vũ trụ sẽ phải quay nhanh hơn để ngăn chặn sự suy sụp.

Chẳng hạn, đối với một vũ trụ kích thước như của chúng ta, Gödel tính toán rằng nó sẽ phải xoay mỗi vòng hết 70 tỉ năm, và bán kính tối thiểu cho du hành trong thời gian sẽ là 16 tỉ năm ánh sáng. Tuy nhiên, để du hành ngược trở lại thời gian, bạn sẽ phải di chuyển sát với tốc độ ánh sáng.

Gödel đã nhận thức rõ các nghịch lý có thể nảy sinh từ lời giải của ông: khả năng gặp gỡ bản thân mình trong quá khứ và thay đổi tiến trình lịch sử. "Bằng cách thực hiện một chuyến đi du hành thời gian trên một con tàu vũ trụ theo một lộ trình đủ lớn, ta có thể du hành tới bất kỳ khu vực nào của quá khứ, hiện tại và tương lai, và ngược trở lại trong các thế giới này, cũng hệt như có thể du hành đến các phần xa xôi của không gian trong các thế giới khác," ông viết. "Tình trạng này dường như ngụ ý một điều phi lý. Vì nó cho phép một người du hành về những nơi mà bản thân anh ta đã từng sống trong quá khứ gần. Ở đó anh ta sẽ tìm thấy một người có thể là chính bản thân anh ta tại một thời kỳ sớm hơn nào đó của cuộc đời. Bây giờ anh ta có thể làm một điều gì đó cho người này, mà theo ký ức của chính mình, anh ta biết rằng điều đó đã không xảy ra với anh ta."*

Einstein đã vô cùng bối rối với lời giải của người bạn và đồng thời là hàng xóm của ông tại Viện Nghiên cứu cao cấp ở Princeton. Phản ứng của ông đã bộc lộ điều này:

> Theo tôi, bài viết của Kurt Gödel có đóng góp quan trọng cho thuyết tương đối rộng, đặc biệt là cho việc phân tích khái niệm thời gian. Vấn đề đề cập ở đây đã ám ảnh tôi ngay từ lúc xây dựng thuyết tương đối rộng, và tôi đã không thành công khi cố gắng làm sáng tỏ nó... Sự khác biệt "sớm hơn - muộn hơn" bị từ bỏ đối với các thế giới điểm nằm xa nhau theo nghĩa vũ trụ học, và nảy sinh những nghịch lý đó, liên quan tới hướng của kết nối nhân quả, mà ông Gödel đã nói tới... Sẽ thú vị nếu cân nhắc xem những điều này có phải bị loại trừ trên nền tảng vật lý hay không.*

Phản ứng của Einstein rất thú vị vì hai lý do. Thứ nhất, ông thừa nhận rằng khả năng du hành trong thời gian đã đeo đẳng ông ngay từ khi bắt đầu trình bày thuyết tương đối rộng. Vì thời gian và không gian được coi như một miếng cao su có thể uốn cong và bẻ cong, nên Einstein lo lắng rằng cấu trúc không-thời gian sẽ cong nhiều tới mức du hành trong thời gian trở nên khả thi. Thứ hai, dựa trên "nền tảng vật lý" ông đã bác bỏ lời giải của Gödel - nghĩa là, vũ trụ không quay, nó dãn nở.

Khi Einstein qua đời, người ta đã biết rằng các phương trình của ông cho phép các hiện tượng kỳ lạ (du hành trong thời gian, các lỗ giun) xảy ra. Nhưng không một ai dành cho chúng mối quan tâm đúng mực, vì các nhà khoa học cảm thấy chúng không thể thực hiện được trong tự nhiên. Người ta nhất trí rằng các lời giải này không có cơ sở trong thế giới thực; bạn sẽ chết nếu cố gắng đi tới một vũ trụ song song thông qua một lỗ đen; vũ trụ không quay; và bạn không thể chế tạo các hình trụ dài vô hạn, khiến cho du hành trong thời gian trở thành một câu hỏi mang tính học thuật.

CỖ MÁY THỜI GIAN THORNE

Vấn đề du hành trong thời gian nằm im lìm trong 35 năm cho tới tận năm 1985, khi nhà thiên văn Carl Sagan viết cuốn tiểu thuyết *Contact* (Tiếp xúc) và muốn đưa vào một cách thức giúp nữ nhân vật chính du hành đến sao Chức Nữ(1). Điều này sẽ đòi hỏi một cuộc hành trình hai chiều, trong đó nữ nhân vật sẽ du hành tới sao Chức Nữ và sau đó quay trở về Trái Đất, nhưng các lỗ giun kiểu lỗ đen sẽ không cho phép cuộc du hành kiểu này. Ông đã quay sang tìm lời khuyên của nhà vật lý Kip Thorne. Thorne khiến cả thế giới vật lý bàng hoàng bằng cách tìm ra những lời giải mới cho các phương trình Einstein cho phép du hành trong thời gian mà không vấp phải nhiều trở ngại trong số những trở ngại trước đó. Năm 1988, cùng với các đồng nghiệp Michael Morris và Ulvi Yurtsever, Thorne đã chỉ ra rằng việc xây dựng một cỗ máy thời gian là hoàn toàn khả thi nếu bằng cách nào đó người ta có thể thu được các dạng thức kỳ lạ của vật chất và năng lượng, chẳng hạn như "vật chất âm lạ lùng" và "năng lượng âm". Các nhà vật lý ban đầu còn hoài

---

1. Tức sao Vega hay Alpha Lyrae (sao Chức Nữ) trong chòm sao Thiên Cầm (Lyra).

nghi lời giải mới này, vì không một ai từng thấy vật chất kỳ lạ này trước đó, và năng lượng âm chỉ tồn tại với những lượng rất nhỏ. Nhưng nó tạo ra một bước đột phá trong sự hiểu biết của chúng ta về du hành thời gian.

Lợi thế tuyệt vời của vật chất âm và năng lượng âm là chúng tạo ra một lỗ giun có thể vượt qua, nhờ đó bạn có thể thực hiện một chuyến đi hai chiều mà không cần phải lo lắng về các chân trời sự kiện. Trên thực tế, nhóm của Thorne thấy rằng một chuyến du hành qua cỗ máy thời gian như vậy có thể rất thoải mái, chứ không căng thẳng như trên một chuyến bay thương mại.

Tuy nhiên, vấn đề nảy sinh là các thuộc tính của vật chất kỳ lạ (hay vật chất âm) này hoàn toàn bất thường. Không giống như phản vật chất (được biết là có tồn tại và rơi xuống dưới do tác động của trường hấp dẫn từ Trái Đất), vật chất âm "rơi lên", vì thế nó sẽ trôi nổi dưới lực hấp dẫn của Trái Đất vì nó sở hữu phản hấp dẫn. Nó bị vật chất thông thường và vật chất âm khác đẩy chứ không hút, điều này đồng nghĩa rằng sẽ rất khó tìm thấy nó trong tự nhiên, nếu như nó thực sự tồn tại. Khi Trái Đất bắt đầu hình thành 4,5 tỉ năm trước đây, bất cứ vật chất âm nào từng có trên Trái Đất cũng đã trôi dạt vào không gian sâu thẳm. Vì vậy vật chất âm rất có thể đang trôi nổi đâu đó trong không gian, nằm cách xa bất kỳ hành tinh nào. (Vật chất âm có lẽ sẽ không bao giờ đâm vào một ngôi sao hay một hành tinh đang lướt qua nó, vì nó bị vật chất thông thường đẩy).

Trong khi vật chất âm chưa bao giờ được tìm thấy (và hoàn toàn có thể không tồn tại), thì việc năng lượng âm tồn tại trong tự nhiên là điều có thể nhưng cực kỳ hiếm. Năm 1933, Henrik Casimir chỉ ra rằng hai tấm kim loại song song không tích điện có thể tạo ra năng lượng âm. Thông thường, người ta sẽ dự kiến rằng hai tấm kim loại sẽ vẫn không thay đổi vì chúng không tích điện. Tuy nhiên, Casimir đã chỉ ra rằng có một lực hút rất nhỏ giữa hai tấm kim loại song song không tích điện này. Năm 1948, lực nhỏ xíu này đã được đo đạc trên thực tế, chỉ ra rằng năng lượng âm hoàn toàn có khả năng tồn tại. Hiệu ứng Casimir khám phá ra một đặc trưng khá kỳ quái của chân không. Theo thuyết lượng tử, không gian trống rỗng đầy ắp các "hạt ảo" xuất hiện và biến mất liên tục. Mặc dù điều này vi phạm nguyên lý bảo toàn năng lượng nhưng hoàn toàn có thể có vì nguyên lý bất định Heisenberg chấp nhận các vi phạm đối với các định luật kinh điển, miễn là chúng xảy ra rất nhanh. Chẳng hạn, một electron và một phản electron, theo nguyên lý bất định, có thể được tạo ra từ hư không với xác suất rất nhỏ và sau đó hủy diệt lẫn nhau. Vì các tấm song song dặt rất gần nhau, nên các hạt ảo nay không thể dễ dàng hình thành giữa hai tấm. Như vậy, vì có nhiều hạt ảo xung quanh các tấm hơn là phần giữa chúng nên xuất hiện một lực đẩy rất nhỏ đẩy các tấm song song lại gần với nhau. Năm 1996, hiệu ứng này đã được Steven Lamoreaux tại Phòng thí nghiệm Quốc gia Los Alamos [Hoa Kỳ] đo đạc chính xác. Lực hút mà ông đo được là rất nhỏ (tương đương 1/30.000 trọng lượng của một loài côn trùng bé nhỏ như kiến). Khoảng cách các tấm càng nhỏ thì lực hút này lại càng lớn.

Đây chính là phương thức hoạt động của cỗ máy thời gian Thorne hằng mơ ước. Một nền văn minh tiên tiến có thể bắt đầu với hai tấm song song, cách nhau một khoảng cực kỳ nhỏ. Các tấm song song này sau đó sẽ được tái định hình thành một khối cầu, sao cho khối cầu này bao gồm một vỏ trong và một vỏ ngoài. Sau đó, chúng có thể làm hai khối cầu và bằng cách nào đó tạo nên một lỗ giun liên kết giữa chúng, giống như một đường hầm trong không gian kết nối cả hai khối cầu. Mỗi khối cầu bây giờ bao lấy một miệng của lỗ giun này.

Thông thường, thời gian điểm nhịp đồng bộ cho cả hai khối cầu. Nhưng nếu bây giờ chúng ta đặt một khối cầu vào một tàu vũ trụ bay gần với tốc độ ánh sáng, thời gian bị chậm lại đối với tàu vũ trụ đó, vì vậy hai khối cầu không còn được đồng bộ về thời gian. Đồng hồ trên tàu vũ trụ chạy chậm hơn nhiều so với đồng hồ trên Trái Đất. Sau đó, nếu một người nhảy vào khối cầu trên Trái Đất, người này có thể bị hút qua lỗ giun đang kết nối chúng và bị đẩy lên ở con tàu vũ trụ kia, vào một thời điểm nào đó trong quá khứ. (Tuy nhiên, cỗ máy thời gian này không thể đưa bạn ngược trở lại thời gian trước khi tạo ra chính cỗ máy.)

CÁC VẤN ĐỀ VỚI NĂNG LƯỢNG ÂM

Mặc dù giải pháp của Thorne khi công bố là một sự kiện gây chấn động, để tạo ra nó trên thực tế gặp rất nhiều trở ngại, ngay cả đối với một nền văn minh tiên tiến. Trước hết, người ta phải tích trữ được một lượng năng lượng âm đủ lớn, mà nó lại vô cùng khan hiếm, bởi để giữ cho cửa lỗ giun này luôn mở tiêu tốn một lượng vô cùng lớn năng lượng âm. Nếu người ta tạo ra năng lượng âm thông qua hiệu ứng Casimir, thì kích thước của lỗ giun này sẽ nhỏ hơn một nguyên tử rất nhiều, khiến việc du hành qua lỗ giun là phi thực tế. Có những nguồn năng lượng âm khác ngoài hiệu ứng Casimir, nhưng tất cả chúng đều rất khó điều khiển. Chẳng hạn, hai nhà vật lý Paul Davies và Stephen Fulling đã chỉ ra rằng nếu một tấm gương di chuyển nhanh cũng có thể tạo ra năng lượng âm, tích tụ ở phía trước của tấm gương khi nó di chuyển. Thật không may, người ta phải di chuyển tấm gương gần với tốc độ ánh sáng nhằm thu được năng lượng âm. Và cũng giống như hiệu ứng Casimir, có rất ít năng lượng âm được tạo ra.

Một cách khác để tách năng lượng âm là sử dụng các chùm tia laser năng lượng cao. Trong các trạng thái năng lượng của laser, có các "trạng thái nén" trong đó năng lượng dương và âm cùng tồn tại. Tuy nhiên, hiệu ứng này cũng rất khó điều khiển. Một xung năng lượng âm điển hình có thể kéo dài 10^{-15} giây, tiếp theo là một xung năng lượng dương. Ta có thể tách năng lượng dương ra khỏi năng lượng âm, mặc dù cực kỳ khó khăn. Tôi sẽ thảo luận điều này kỹ hơn tại chương mười một.

Cuối cùng, hóa ra một lỗ đen cũng có năng lượng âm, gần chân trời sự kiện của nó. Như Jacob Bekenstein và Stephen Hawking đã chỉ ra, một lỗ đen không phải là đen hoàn toàn vì nó từ từ bay hơi năng lượng.* Nguyên lý bất định khiến việc chui hầm của bức xạ vượt qua hấp dẫn khổng lồ của một lỗ đen trở nên khả thi. Nhưng vì một lỗ đen đang bay hơi năng lượng, nên chân trời sự kiện của nó dần dần thu nhỏ lại theo thời gian. Thông thường, nếu vật chất dương (như một ngôi sao) bị rơi vào một lỗ đen, thì chân trời sự kiện của nó được mở rộng. Nhưng nếu chúng ta ném vật chất âm vào lỗ đen, chân trời sự kiện của nó sẽ co lại. Vì vậy, quá trình bay hơi của lỗ đen đã tạo ra năng lượng âm gần chân trời sự kiện. (Một số người đã chủ trương đặt miệng của lỗ giun cạnh chân trời sự kiện nhằm thu lượm năng lượng âm. Tuy nhiên, việc thu lượm năng lượng âm như vậy sẽ cực kỳ khó khăn và nguy hiểm, vì bạn sẽ phải cực gần với chân trời sự kiện.)

Nói một cách tổng quát, Hawking cho rằng năng lượng âm rất cần thiết để ổn định tất cả các lời giải về lỗ giun. Lý do khá đơn giản. Thông thường, năng lượng dương có thể tạo ra một khe hở của một lỗ giun để tập trung vật chất và năng lượng. Vì thế, các tia sáng hội tụ khi chúng tiến vào miệng của lỗ giun này. Tuy nhiên, nếu các tia sáng này xuất hiện từ phía bên kia, thì tại một nơi nào đó ở trung tâm của lỗ giun các tia sáng phải tách ra. Cách duy nhất để điều này có thể xảy ra là có tồn tại năng lượng âm. Hơn nữa, năng lượng âm là đẩy, điều cần thiết để giữ cho lỗ giun không bị suy sụp dưới lực hấp dẫn. Vì vậy, chìa khóa để xây dựng một cỗ máy thời gian hay một lỗ giun là tìm kiếm đủ năng lượng âm để giữ cho miệng lỗ giun luôn mở và ổn định. (Một số nhà vật lý cho rằng, các trường năng lượng âm khá phổ biến trong các trường hấp dẫn cực lớn. Vì thế, có lẽ một ngày nào đó năng lượng âm hấp dẫn có thể được sử dụng để chạy một cỗ máy thời gian.)

Một trở ngại khác cho một cỗ máy thời gian là: chúng ta tìm thấy một lỗ giun ở đâu? Thorne cho rằng các lỗ giun hình thành trong tự nhiên, trong cái gọi là bọt không-thời gian. Điều này quay trở lại câu hỏi mà nhà triết học Hy Lạp Zeno(1) đã đặt ra hơn 2.000 năm trước: khoảng cách nhỏ nhất mà người ta có thể di chuyển là bao nhiêu?

Zeno đã từng chứng minh rằng về mặt toán học ta không thể vượt qua một con sông. Đầu tiên ông quan sát thấy rằng khoảng cách từ bên này sang bên kia con sông có thể được chia

---

1. Có hơn một triết gia tên là Zeno. Đây là Zeno ở Elea (khoảng 495 TCN - 430 TCN).

thành vô số điểm. Nhưng vì phải mất một lượng vô hạn thời gian để di chuyển qua một lượng vô hạn các điểm, nên không thể vượt qua con sông. Hoặc, cũng vì lý do đó, mọi thứ đều bất động. (Phải mất 2.000 năm sau khi phép tính vi tích phân ra đời, câu đố hóc búa này mới được giải quyết. Có thể chỉ ra rằng một lượng vô hạn các điểm có thể vượt qua trong một lượng hữu hạn thời gian, rốt cuộc làm cho chuyển động về mặt toán học là có thể.)

John Wheeler từ Đại học Princeton đã phân tích các phương trình Einstein để tìm khoảng cách nhỏ nhất. Wheeler thấy rằng ở khoảng cách cực kỳ nhỏ, ở thang độ dài Planck (10^{-33} cm), thuyết của Einstein đã dự đoán rằng độ cong của không gian có thể là rất lớn. Nói cách khác, ở độ dài Planck, không gian không hề bằng phẳng mà có độ cong lớn - nghĩa là, nó xoắn lại và "sủi bọt". Không gian trở nên gợn sóng và thực sự nổi bọt với các bong bóng nhỏ xuất hiện và biến mất trong chân không. Ngay cả một không gian trống rỗng, ở các khoảng cách nhỏ nhất, cũng liên tục sôi sục với các bong bóng không-thời gian nhỏ, trên thực tế là các lỗ giun và các vũ trụ con. Thông thường, các "hạt ảo" bao gồm các cặp electron và phản electron thình lình xuất hiện chớp nhoáng trước khi hủy diệt lẫn nhau. Nhưng ở khoảng cách Planck, các bong bóng nhỏ tương ứng với các vũ trụ tổng thể và các lỗ giun có thể bật ra để tồn tại, chỉ để tan biến ngược trở lại vào chân không. Vũ trụ của chính chúng ta có thể đã bắt đầu như một trong các bong bóng nhỏ này đang trôi nổi trong bọt không-thời gian và đã đột ngột trải rộng ra, vì các lý do mà chúng ta không hiểu.

Vì các lỗ giun được tìm thấy tự nhiên trong bọt lượng tử, Thorne đã giả định rằng một nền văn minh tiên tiến bằng cách nào đó có thể chọn các lỗ giun ra khỏi bọt và sau đó làm chúng dãn nở rồi ổn định bằng năng lượng âm. Mặc dù điều này sẽ là một quá trình cực kỳ khó khăn, nhưng nó nằm trong phạm vi giải quyết của các định luật vật lý.

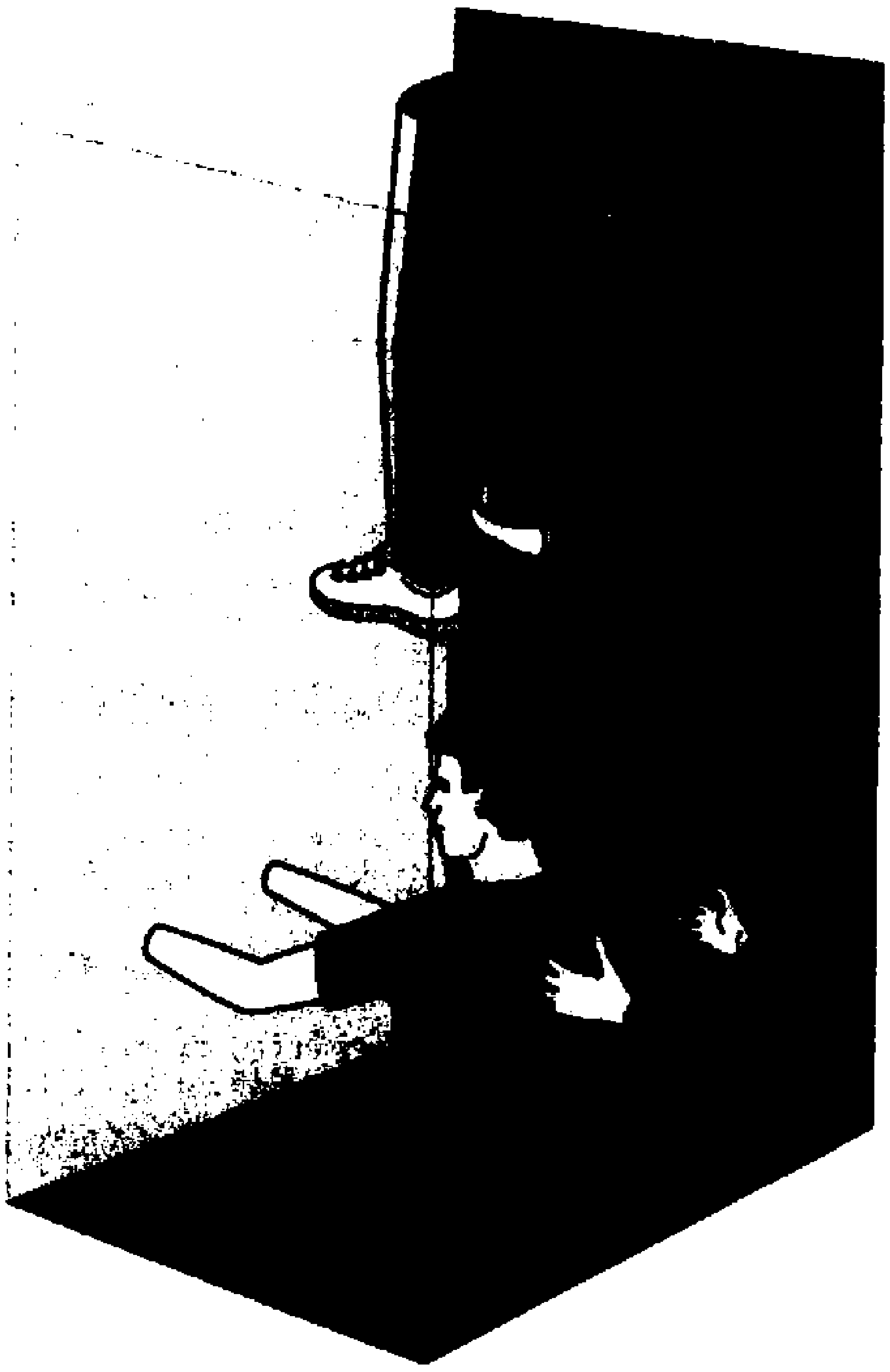
Trong khi cỗ máy thời gian Thorne dường như khả dĩ về mặt lý thuyết, mặc dù cực kỳ khó xây dựng xét trên khía cạnh kỹ thuật công nghệ, nhưng vẫn còn một câu hỏi khó chịu thứ ba: du hành trong thời gian có phá vỡ một định luật nền tảng nào của vật lý hay không?

VŨ TRỤ TRONG PHÒNG NGỦ CỦA BẠN

Năm 1992, Stephen Hawking đã cố gắng giải quyết rốt ráo vấn đề du hành thời gian này. Theo bản năng, ông chống lại du hành thời gian, vì nếu các chuyến đi xuyên qua thời gian là phổ biến như những buổi dã ngoại ngày Chủ nhật, thì chúng ta phải thấy các du khách từ tương lai đang trố mắt ra nhìn chúng ta và chụp hình.

Nhưng các nhà vật lý thường xuyên trích dẫn từ tiểu thuyết sử thi *The Once and Future King* (Vị vua một thuở và tương lai) của T. H. White, nơi mà một xã hội loài kiến tuyên bố: "Mọi thứ không bị cấm đều là thứ bắt buộc."* Nói cách khác, nếu không nguyên lý cơ bản nào của vật lý cấm du hành trong thời gian, thì du hành trong thời gian nhất thiết phải là một khả năng vật lý. (Lý do cho điều này là nguyên lý bất định. Trừ phi điều gì đó bị cấm, nếu không các hiệu ứng và các thăng giáng lượng tử cuối cùng sẽ làm cho nó trở nên có thể nếu chúng ta chờ đợi đủ lâu. Như vậy, trừ phi có một quy luật cấm nó, nó cuối cùng sẽ xảy ra.) Đáp lại, Stephen Hawking đã đề xuất "giả thuyết bảo hộ niên đại" có thể ngăn ngừa du hành trong thời gian và vì thế "làm cho lịch sử là an toàn cho các nhà sử học". Theo giả thuyết này, du hành trong thời gian là không thể vì nó vi phạm các nguyên lý vật lý cụ thể.

Vì các giải pháp lỗ giun là vô cùng khó tiến hành, nên Hawking đã bắt đầu luận điểm của mình bằng cách phân tích một vũ trụ đơn giản được Charles Misner từ Đại học Maryland phát hiện, trong đó hội tụ đầy đủ yếu tố cần thiết cho du hành trong thời gian. Không gian Misner là một không gian lý tưởng hóa, trong đó phòng ngủ của bạn trở thành toàn bộ vũ trụ. Hãy giả sử rằng mọi điểm trên tường trái của phòng ngủ của bạn là đồng nhất với điểm tương ứng trên tường phải. Điều này có nghĩa là nếu bạn đi về phía tường trái, bạn sẽ không bị vỡ mũi, mà thay vì thế bạn sẽ đi qua bức tường và tái xuất hiện từ tường bên phải. Điều này có nghĩa là tường trái và tường phải được chắp nối lại, theo ý nghĩa nào đó, giống như trong một hình trụ.



Trong một không gian Misner, toàn bộ vũ trụ được chứa trong phòng ngủ của bạn. Tất cả các bức tường đối diện nhau là đồng nhất với nhau, vì thế khi bạn tiến vào một bức tường thì ngay lập tức bạn xuất hiện từ bức tường đối diện. Trần nhà cũng đồng nhất với sàn nhà. Không gian Misner thường được nghiên cứu vì nó có tô pô giống như một lỗ giun nhưng đơn giản hơn nhiều nên có thể giải về mặt toán học. Nếu các bức tường di chuyển thì du hành trong thời gian có thể thực hiện trong vũ trụ Misner.

Ngoài ra, các điểm trên tường phía trước là đồng nhất với các điểm trên tường phía sau, và các điểm trên trần nhà là đồng nhất với các điểm trên sàn nhà. Vì thế, nếu bạn đi về bất kỳ hướng nào, bạn sẽ vượt qua các bức tường và lại trở vào phòng ngủ của bạn. Bạn không thể thoát ra. Nói cách khác, phòng ngủ của bạn quả là toàn bộ vũ trụ!

Điều thực sự kỳ lạ là ở chỗ nếu bạn nhìn kỹ vào tường trái, bạn thấy rằng nó thực sự trong suốt và ở đó có một bản sao y hệt phòng ngủ của bạn ở phía bên kia của bức tường này. Trên thực tế, có một bản sao chính xác của bản thân bạn đứng trong phòng ngủ khác, mặc dù bạn chỉ có thể nhìn thấy phía lưng của bạn mà không bao giờ nhìn thấy phía mặt của bạn. Nếu bạn nhìn xuống hoặc nhìn lên, bạn cũng thấy các bản sao y hệt của chính mình. Trên thực tế, có một chuỗi vô hạn các con người bạn đứng ở phía trước, phía sau, phía dưới và phía trên.

Tiếp xúc với chính bản thân bạn là điều không thể. Mỗi khi bạn quay đầu để thoáng thấy các khuôn mặt của các bản sao, bạn thấy rằng họ cũng đã quay đầu, vì thế bạn không bao giờ nhìn thấy khuôn mặt của họ. Nhưng nếu phòng ngủ đủ nhỏ, bạn có thể luồn bàn tay mình qua tường và nắm lấy vai của bản sao ở phía trước bạn. Khi đó, bạn có thể bị sốc khi thấy rằng bản sao phía sau bạn cũng đã vươn tay ra và nắm lấy vai bạn. Ngoài ra, bạn có thể vươn tay trái và tay phải, nắm tay các bản sao ở bên bạn, cho đến khi có một chuỗi vô hạn các con người bạn đang nắm tay nhau. Thực ra là, bạn đã vươn tay trong khắp vũ trụ để nắm tay chính bạn. (Chớ nên làm hại các bản sao của bạn. Nếu bạn cầm súng và nhằm vào bản sao của mình ở phía trước, bạn nên xem xét lại việc bóp cò. Vì bản sao phía sau bạn cũng đang chĩa súng vào bạn!)

Trong không gian Misner, giả định rằng các bức tường đang suy sụp xung quanh bạn. Mọi thứ bây giờ sẽ trở nên rất thú vị. Phòng ngủ lúc này đang được nén lại, với bức tường phải từ từ tiến về phía bạn với tốc độ 2 dặm mỗi giờ. Nếu bây giờ bạn đi qua tường trái, bạn sẽ quay trở lại từ tường phải đang di chuyển, nhưng đã tăng thêm một lượng bổ sung là 2 dặm mỗi giờ, do đó bây giờ bạn đang di chuyển 4 dặm mỗi giờ. Thực tế là, khi bạn tiếp tục đi qua tường trái một lần nữa, tốc độ của bạn lại tăng thêm 2 dặm mỗi giờ khi xuất hiện từ tường phải, vì thế bây giờ bạn đang di chuyển 6 dặm mỗi giờ. Sau khi lặp lại các chuyến đi xung quanh vũ trụ, bạn di chuyển 6, 8, 10 dặm mỗi giờ, cho đến khi bạn dần dần đạt tới các vận tốc không thể tin được gần với tốc độ ánh sáng.

Tại một điểm tới hạn nào đó, bạn di chuyển quá nhanh trong vũ trụ Misner này tới mức có thể du hành ngược trở lại thời gian và bạn có thể thăm bất kỳ thời điểm nào trước đó trong không-thời gian. Hawking đã cẩn trọng phân tích không gian Misner này và thấy rằng tường trái và tường phải, về mặt toán học mà nói, là gần như đồng nhất với hai miệng của một lỗ giun. Nói cách khác, phòng ngủ của bạn giống như một lỗ giun, nơi mà tường trái và phải là như nhau, tương tự như hai miệng của một lỗ giun đồng nhất.

Sau đó Hawking đã chứng minh không gian Misner này không hề ổn định cả về mặt vật lý cổ điển lẫn cơ học lượng tử. Chẳng hạn, nếu bạn chiếu một tia sáng vào tường trái, tia sáng này thu được năng lượng mỗi lần nó xuất hiện từ tường phải. Tia sáng này sẽ trở thành dịch chuyển xanh - nghĩa là, nó thu được nhiều năng lượng hơn cho đến khi đạt tới năng lượng vô hạn, đó là điều không thể. Hay nói cách khác, tia sáng này tích tụ một năng lượng khủng khiếp tới mức nó tạo ra một trường hấp dẫn khổng lồ của chính nó làm sụp đổ phòng ngủ/lỗ giun. Vì thế, lỗ giun sẽ sụp đổ nếu bạn thử đi qua nó. Ngoài ra, người ta có thể chứng minh rằng cái được gọi là tenxơ năng lượng-động lượng, dùng để đo hàm lượng năng lượng và vật chất của không gian, sẽ trở nên vô hạn bởi vì bức xạ có thể vượt vô hạn lần qua hai bức tường.

Đối với Hawking, đây là phát súng ân huệ kết liễu vấn đề du hành trong thời gian - các hiệu ứng bức xạ lượng tử được tích tụ cho đến khi chúng trở thành vô hạn, tạo ra một sự phân kỳ(1), giết chết nhà du hành thời gian và đóng lỗ giun lại.

Kể từ bài báo của Hawking, vấn đề phân kỳ mà ông đưa ra đã khuấy động một cuộc thảo luận sôi nổi trong giới vật lý, giữa các nhà khoa học đồng tình và chống lại giả thuyết bảo hộ niên đại. Thực ra, một vài nhà vật lý đã bắt đầu tìm kiếm lỗ hổng trong phép chứng minh của Hawking bằng cách đưa ra các lựa chọn thích hợp khác cho các lỗ giun, bằng cách thay đổi kích thước, độ dài của chúng v.v. Họ thấy rằng trong một số lời giải cho lỗ giun, trên thực tế tenxơ năng lượng-động lượng đã phân kỳ, nhưng trong các trường hợp khác thì nó đã được xác định rõ. Nhà vật lý người Nga Sergei Krasnikov đã mô tả các kiểu lỗ giun khác nhau để kiểm chứng vấn đề phân kỳ này và kết luận rằng: "Không hề có bằng chứng nào cho thấy cỗ máy thời gian

---

1. Phân kỳ là hiện tượng dãy các giá trị ngày càng cách xa nhau và tiến tới vô hạn chứ không tiến đến một giá trị hữu hạn.

không ổn định".*

Làn sóng chống lại Hawking đẩy lên cao tới mức nhà vật lý Li-Xin Li từ Princeton thậm chí còn đưa ra phỏng đoán bảo hộ *phản* niên đại: "Không có quy luật vật lý nào ngăn cản sự xuất hiện của các đường cong khép kín tựa thời gian."*

Năm 1998, Hawking đã buộc phải xuống nước. Ông viết: "Thực tế tenxơ năng lượng-động lượng không phân kỳ [trong những trường hợp nhất định] cho thấy phản ứng ở phần sau không nhằm bảo hộ niên đại." Điều này không có nghĩa rằng du hành trong thời gian là có thể, mà chỉ có nghĩa là sự hiểu biết của chúng ta vẫn chưa đầy đủ. Nhà vật lý Matthew Visser nhận thấy rằng sự thất bại của phỏng đoán Hawking "không phải là sự thắng thế cho những người say mê du hành thời gian, mà đúng hơn là một dấu hiệu cho thấy việc làm sáng tỏ những vấn đề bảo hộ niên đại đòi hỏi một thuyết hấp dẫn lượng tử phát triển đầy đủ"*.

Ngày nay, Hawking không còn nói rằng du hành trong thời gian là tuyệt đối không thể, mà chỉ cho rằng khả năng đó rất mong manh và phi thực tế. Lợi thế đang nghiêng về phe những người chống lại du hành thời gian, nhưng người ta không thể hoàn toàn loại bỏ nó. Nếu người ta bằng cách nào đó có thể khai thác đủ năng lượng dương và năng lượng âm đồng thời giải quyết được vấn đề ổn định của lỗ giun, thì du hành trong thời gian là điều hoàn toàn khả thi. (Và có lẽ lý do mà các du khách từ tương lai không ùn ùn đến gặp chúng ta là vì thời gian sớm nhất họ có thể quay trở lại là khi cỗ máy thời gian được tạo ra, hoặc các cỗ máy thời gian có lẽ vẫn chưa được tạo ra.)

CỖ MÁY THỜI GIAN GOTT

Năm 1991, J. Richard Gott III từ Princeton đã đề xuất một lời giải khác cho các phương trình Einstein về du hành trong thời gian. Cách tiếp cận của ông thực sự rất thú vị vì nó rất mới mẻ, loại bỏ hoàn toàn các vật thể quay, các lỗ giun và năng lượng âm.

Gott sinh ra tại Louisville, bang Kentucky (Hoa Kỳ) vào năm 1947, và chất giọng miền Nam nhẹ nhàng của ông dường như hơi kỳ lạ trong thế giới riêng khép kín và đua tranh nhộn nhạo của vật lý lý thuyết. Ông đã đến với khoa học từ lúc còn là một cậu bé khi gia nhập một câu lạc bộ thiên văn nghiệp dư và thích thú ngắm nhìn các ngôi sao.

Thời trung học, ông từng là quán quân cuộc thi Tìm kiếm Tài năng Khoa học Westinghouse danh giá và từ đó gắn bó với cuộc thi này, làm chủ tịch ban giám khảo trong nhiều năm. Sau khi tốt nghiệp chuyên ngành toán tại Đại học Harvard, ông đã tới Princeton, nơi ông hiện vẫn còn làm việc.

Trong khi nghiên cứu vũ trụ học, ông bị cuốn hút bởi các "dây vũ trụ", một tàn tích của vụ nổ lớn mà nhiều thuyết đã dự báo. Các dây vũ trụ có thể có chiều rộng ngắn hơn một hạt nhân nguyên tử, nhưng khối lượng của chúng có thể tương đương với các ngôi sao và trải dài hàng triệu năm ánh sáng trong không gian. Gott lần đầu tiên đã tìm ra một lời giải cho phương trình Einstein cho phép có xét đến các dây vũ trụ. Nhưng sau đó ông đã nhận thấy điều lạ thường ở các dây vũ trụ này. Nếu bạn lấy hai dây vũ trụ và bắn chúng về phía nhau thì ngay trước khi chúng va chạm, có thể sử dụng cơ hội này làm một cỗ máy thời gian. Đầu tiên, ông nhận thấy rằng nếu bạn thực hiện một chuyến đi khứ hồi xung quanh các dây vũ trụ đang va chạm, thì không gian bị co lại, làm cho nó có các tính chất kỳ lạ. Chúng ta biết rằng, chẳng hạn nếu chúng ta di chuyển xung quanh một cái bàn và trở về nơi chúng ta bắt đầu, thì chúng ta đã di chuyển 360 độ. Nhưng khi một tàu vũ trụ di chuyển xung quanh hai dây vũ trụ khi chúng vượt qua nhau, nó thực sự di chuyển ít hơn 360 độ, bởi vì không gian đã co hẹp. (Điều này có tô pô của một hình nón. Nếu chúng ta di chuyển trọn vẹn xung quanh một hình nón, chúng ta cũng thấy rằng chúng ta di chuyển ít hơn 360 độ.) Vì thế, bằng cách di chuyển nhanh trên cả hai dây, bạn có thể thực sự vượt qua tốc độ ánh sáng (như được một người quan sát ở xa nhìn thấy) vì tổng quãng đường là nhỏ hơn dự kiến. Tuy nhiên, điều này không vi phạm thuyết tương đối hẹp vì trong hệ quy chiếu của chính bạn thì tàu vũ trụ của bạn không bao giờ vượt quá tốc độ ánh sáng.

Nhưng điều này cũng có nghĩa là nếu bạn di chuyển vòng quanh các dây vũ trụ đang va chạm, bạn có thể tham gia vào một chuyến đi về quá khứ. Gott nhớ lại: "Khi tìm ra lời giải này, tôi cảm thấy thực sự phấn khích. Lời giải này chỉ sử dụng vật chất có mật độ dương, chuyển động với các tốc độ chậm hơn tốc độ ánh sáng. Ngược lại, các lời giải lỗ giun đòi hỏi vật chất có năng lượng và mật độ âm kỳ quái hơn (vật liệu nhẹ hơn hư không)."*

Nhưng năng lượng cần thiết cho một cỗ máy thời gian là rất lớn. "Để có thể du hành vào quá khứ, các dây vũ trụ với khối lượng khoảng 10 triệu tỉ tấn mỗi xentimét phải di chuyển theo các hướng ngược nhau với tốc độ ít nhất là 99,999999996% tốc độ ánh sáng. Chúng ta đã quan sát các proton năng lượng cao trong vũ trụ di chuyển nhanh ít nhất là như thế này, do đó các tốc độ như vậy là có thể"*, ông nhận xét.

Một số nhà phê bình đã chỉ ra rằng các dây vũ trụ rất hiếm, nếu như chúng có tồn tại, và các dây vũ trụ đang va chạm thậm chí còn hiếm hơn. Vì thế Gott đã đề xuất điều sau đây. Một nền văn minh tiên tiến có thể tìm thấy một dây vũ trụ duy nhất trong khoảng không vũ trụ. Sử dụng các tàu vũ trụ khổng lồ và các công cụ rất lớn, họ có thể tái định hình dây này thành một vòng hình chữ nhật hơi uốn cong (giống như hình dạng của một chiếc ghế tựa). Vòng này, ông đưa ra giả thuyết, có thể sụp đổ dưới lực hấp dẫn của chính nó, sao cho hai mảnh thẳng của dây vũ trụ này có thể bay vút qua nhau gần bằng tốc độ ánh sáng, tạo ra một cỗ máy thời gian trong một thời gian ngắn. Tuy nhiên, Gott thừa nhận: "Một vòng dây đang sụp đổ lớn đến nỗi nó chỉ cho phép bạn lượn quanh nó một lần và việc quay ngược thời gian một năm sẽ phải cần tới hơn một nửa khối lượng-năng lượng của toàn thể một thiên hà."*

CÁC NGHỊCH LÝ THỜI GIAN

Về cơ bản, một lý do khác mà các nhà vật lý đã bác bỏ ý tưởng du hành trong thời gian là vì các nghịch lý thời gian. Chẳng hạn, nếu bạn quay ngược trở lại thời gian và giết chết cha mẹ của mình trước khi bạn được sinh ra, thì bạn không thể có mặt trên cõi đời này. Do vậy bạn không bao giờ có thể quay ngược trở lại thời gian để giết cha mẹ của mình. Điều này rất quan trọng, vì khoa học luôn dựa trên các ý tưởng nhất quán logic; một nghịch lý thời gian thích đáng cũng hoàn toàn loại bỏ ý tưởng du hành thời gian.

Các nghịch lý thời gian này có thể chia thành mấy loại như sau:

Nghịch lý ông bà. Trong nghịch lý này, bạn thay đổi quá khứ làm triệt tiêu hiện tại. Ví dụ, bằng cách quay trở lại quá khứ xa xôi để ngắm nhìn những con khủng long, bạn vô tình giẫm lên một động vật có vú nhỏ đầy lông lá, là tổ tiên ban đầu của nhân loại. Bằng cách tiêu diệt tổ tiên của bạn, thì theo logic bạn không thể ra đời.

Nghịch lý thông tin. Trong nghịch lý này, thông tin đến từ tương lai, có nghĩa là nó có thể không có nguồn gốc. Giả sử một nhà khoa học tạo ra một cỗ máy thời gian và sau đó quay ngược lại thời gian để cung cấp bí mật về du hành trong thời gian cho chính mình khi còn là một thanh niên. Bí mật về du hành trong thời gian sẽ không có nguồn gốc xuất xứ, vì cỗ máy thời gian mà nhà khoa học này lúc còn trẻ sở hữu không được anh ta tạo ra mà đã được bản thân anh ta ở tương lai chuyển giao cho chính mình.

Nghịch lý thay đổi số phận. Trong loại nghịch lý này, một người biết sự việc sẽ xảy đến trong tương lai và làm điều gì đó để cho sự việc tương lai đó không thể xảy ra. Ví dụ, bạn tạo ra một cỗ máy thời gian để đưa bạn vào tương lai, thế là bạn biết rằng số phận muốn bạn kết hôn với một phụ nữ tên là Jane. Tuy nhiên, để đùa nghịch, bạn quyết định cưới Helen, do đó làm sự việc tương lai của chính mình không thể xảy ra.

Nghịch lý sinh sản. Trong loại nghịch lý này, bạn là cha của chính bạn, một điều không thể về mặt sinh học. Trong một câu chuyện do nhà triết học người Anh Jonathan Harrison viết, nam nhân vật của câu chuyện không chỉ là cha của chính mình, mà anh ta còn ăn thịt chính mình.

> Trong câu chuyện kinh điển của Robert Heinlein "All You Zombies" (Cả lũ các người là những thây ma sống lại), nhân vật chính đồng thời là mẹ, cha, con gái và con trai của anh ta - nghĩa là, một cây phả hệ tới chính anh ta.* (Chi tiết xem các ghi chú ở cuối sách. Việc sáng tỏ nghịch lý sinh sản thực sự khá tinh tế, đòi hỏi kiến thức về cả du hành trong thời gian và cơ chế ADN.)

Trong tiểu thuyết *The End of Eternity* (Kết thúc của Vĩnh cửu), Isaac Asimov mường tượng ra một viên "cảnh sát thời gian" có trách nhiệm ngăn chặn các nghịch lý này. Các bộ phim *Terminator* (Kẻ hủy diệt) xoay quanh nghịch lý thông tin - một vi mạch thu hồi từ một người máy từ tương lai được các nhà khoa học nghiên cứu, để rồi tạo ra một chủng tộc người máy biết nhận thức và tiếp quản thế giới. Nói cách khác, việc thiết kế các siêu người máy này không bao giờ được tạo ra bởi một nhà phát minh, mà chẳng qua nó chỉ đến từ một mảnh vụn còn sót lại từ một trong những người máy của tương lai. Trong phim *Back to the Future* (Trở về tương lai), Michael J. Fox phải nỗ lực để tránh nghịch lý ông bà khi anh quay ngược lại thời gian và gặp mẹ đẻ của mình khi bà còn là một thiếu nữ, và đã nhanh chóng yêu anh. Nhưng nếu bà cự tuyệt lời tán tỉnh của người cha tương lai của Fox, thì chính sự tồn tại của anh cũng bị đe dọa.

Các nhà viết kịch bản sẵn sàng vi phạm các định luật vật lý để sản xuất các phim bom tấn cho Hollywood. Nhưng trong cộng đồng vật lý, các nghịch lý như vậy được xem xét rất nghiêm túc. Bất kỳ giải pháp nào cho các nghịch lý này phải tương thích với thuyết tương đối và thuyết lượng tử. Chẳng hạn, để tương thích với thuyết tương đối, dòng sông thời gian đơn giản là không thể kết thúc. Bạn không thể ngăn đập con sông thời gian. Thời gian, trong thuyết tương đối rộng, được đại diện bằng một bề mặt nhẵn, liên tục, không thể bị xé hoặc làm rách. Nó có thể thay đổi về mặt tô pô, nhưng không thể dừng lại. Điều này có nghĩa là nếu bạn giết chết cha mẹ mình trước khi bạn sinh ra, thì bạn không thể biến mất một cách đơn giản, vì điều này sẽ vi phạm các định luật vật lý.

Hiện tại, các nhà vật lý đang tập trung vào hai giải pháp có thể có của các nghịch lý thời gian này. Thứ nhất, nhà vũ trụ học người Nga Igor Novikov tin rằng chúng ta bị buộc phải hành động theo cách thức sao cho không một nghịch lý nào xảy ra. Cách tiếp cận của ông được gọi là trường phái tự nhất quán. Nếu con sông thời gian êm ả uốn cong trở lại chính nó và tạo ra một xoáy nước, nếu chúng ta nhảy ngược trở lại quá khứ và sắp tạo ra một nghịch lý thời gian, thì ông cho rằng một "bàn tay vô hình" nào đó sẽ can thiệp. Nhưng cách tiếp cận của Novikov lại làm nảy sinh vấn đề về tự do ý chí. Nếu chúng ta quay trở lại thời gian và gặp cha mẹ mình trước khi chúng ta được sinh ra, chúng ta có thể nghĩ rằng chúng ta toàn quyền điều khiển các hành động của mình; nhưng Novikov tin rằng một định luật vật lý bí ẩn đã ngăn chặn bất kỳ hành động nào có thể làm thay đổi tương lai (chẳng hạn như việc giết chết cha mẹ của bạn hoặc ngăn chặn sự ra đời của bạn). Ông lưu ý: "Chúng ta không thể cử một nhà du hành thời gian trở về Vườn Địa Đàng để yêu cầu bà Eva không hái trái táo từ trên cây."*

Sức mạnh bí ẩn ngăn không cho chúng ta thay đổi quá khứ và tạo ra một nghịch lý thời gian là gì? "Sự ràng buộc như vậy đối với tự do ý chí của chúng ta là bất thường và bí ẩn, nhưng không phải hoàn toàn không thể xảy ra," ông viết. "Lấy ví dụ, có thể ý chí của tôi là bước đi trên trần nhà mà không cần sự trợ giúp của bất kỳ thiết bị đặc biệt nào. Định luật hấp dẫn ngăn cản tôi làm điều này, do đó tôi sẽ rơi xuống nếu tôi thử, vì thế tự do ý chí của tôi sẽ bị hạn chế."*

Nhưng các nghịch lý thời gian có thể xảy ra khi vật chất vô tri vô giác (hoàn toàn không có một chút tự do ý chí nào) được ném vào quá khứ. Giả sử ngay trước trận chiến lịch sử giữa Alexander Đại đế và vua Darius III của Ba Tư năm 330 TCN, bạn gửi những khẩu súng máy ngược trở lại quá khứ, kèm theo hướng dẫn sử dụng chúng. Như vậy tiềm ẩn khả năng chúng ta có thể thay đổi toàn bộ lịch sử tiếp theo của châu Âu (và có thể thấy bản thân mình nói một phiên bản của ngôn ngữ Ba Tư chứ không phải một ngôn ngữ châu Âu).

Trên thực tế, ngay cả những xáo trộn nhỏ nhất đưa vào quá khứ có thể gây ra các nghịch lý không ngờ trong hiện tại. Chẳng hạn, thuyết hỗn độn sử dụng phép ẩn dụ gọi là "hiệu ứng cánh bướm". Vào những thời khắc quyết định trong sự hình thành khí hậu Trái Đất, ngay cả sự rung động nhẹ của những cánh bướm cũng truyền đi những gợn sóng có thể làm mất cân bằng của các lực và khuấy động nên một cơn dông tố mạnh. Ngay cả những đồ vật vô tri vô giác nhỏ nhất được đưa ngược về quá khứ tất yếu sẽ thay đổi quá khứ theo các cách thức không thể đoán trước, dẫn tới một nghịch lý thời gian.

Cách thứ hai để giải quyết nghịch lý thời gian là giả định con sông thời gian êm ả chia ngả thành hai con sông, hoặc hai nhánh sông, tạo thành hai vũ trụ khác biệt. Nói cách khác, nếu bạn đã quay ngược trở lại thời gian và bắn vào cha mẹ bạn trước khi bạn sinh ra, thì bạn có thể giết chết những người về mặt di truyền giống hệt như cha mẹ bạn trong một vũ trụ khác, một vũ trụ mà trong đó bạn sẽ không bao giờ sinh ra. Nhưng cha mẹ bạn trong vũ trụ ban đầu của bạn sẽ không bị ảnh hưởng.

Giả thuyết thứ hai này được gọi là "thuyết đa thế giới" - một ý tưởng cho rằng mọi thế giới lượng tử có khả năng xảy ra đều có thể tồn tại. Điều này loại bỏ các phân kỳ vô hạn mà Hawking đã tìm thấy, vì bức xạ không đi qua lỗ giun lặp đi lặp lại như trong không gian Misner*. Nó chỉ đi qua một lần. Mỗi lần nó đi qua lỗ giun, nó tiến vào một vũ trụ mới. Và nghịch lý này dẫn tới câu hỏi có lẽ là bí ẩn nhất trong thuyết lượng tử: một con mèo có thể vừa chết vừa sống cùng một lúc như thế nào?

Để trả lời câu hỏi này, các nhà vật lý đã bị buộc phải nghĩ đến hai giải pháp kỳ quặc: hoặc là có một ý thức vũ trụ theo dõi tất cả chúng ta, hoặc phải có một lượng vô hạn các vũ trụ lượng tử.

CHƯƠNG SÁU

CÁC VŨ TRỤ LƯỢNG TỬ SONG SONG

> Tôi nghĩ mình có thể nói chắc chắn rằng không một ai hiểu cơ học lượng tử.
>
> \- Richard Feynman

> Bất cứ ai không bị sốc bởi thuyết lượng tử đều không hiểu được nó.
>
> \- Niels Bohr

> Động cơ Không tưởng Vô hạn là một phương thức mới tuyệt vời để băng qua các khoảng cách liên sao rộng lớn chỉ trong nháy mắt, mà không phải vẩn vơ loanh quanh chán ngắt trong siêu không gian.
>
> \- Douglas Adams

Trong *Hitchhiker's Guide to the Galaxy* (Chỉ dẫn cho người quá giang tới Ngân Hà), một tiểu thuyết khoa học giả tưởng bán chạy, ngổ ngược và kỳ dị của Douglas Adams, nam nhân vật tình cờ khám phá ra phương thức tài tình nhất để du hành tới các vì sao. Thay vì sử dụng các lỗ giun, các siêu động cơ, hoặc cổng đa chiều để du hành giữa các thiên hà, anh ta đã nghĩ đến việc chế ngự nguyên lý bất định để băng qua không gian mênh mông liên thiên hà. Nếu chúng ta bằng cách nào đó có thể điều khiển xác suất của những sự kiện không tưởng nào đó, thì bất cứ điều gì, như di chuyển nhanh hơn ánh sáng, thậm chí du hành trong thời gian đều có thể thực hiện được. Vươn tới các ngôi sao xa xăm trong vài giây là điều gần như không thể có, nhưng khi người ta có thể điều khiển các xác suất lượng tử, thì ngay cả những điều không thể cũng có thể trở nên bình thường.

Thuyết lượng tử dựa trên ý tưởng có một xác suất mà tất cả các sự kiện có thể xảy ra, bất kể chúng kỳ quái hay ngu ngốc như thế nào, đều xảy ra. Đến lượt nó, điều này là cốt lõi của thuyết vũ trụ lạm phát - khi vụ nổ lớn khởi thủy diễn ra, sinh ra sự chuyển đổi lượng tử đến một trạng thái mới khiến vũ trụ đột nhiên dãn nở lạm phát với mức độ khủng khiếp. Toàn thể vũ trụ của chúng ta có lẽ đã nở bung từ một bước nhảy lượng tử gần như không thể xảy ra. Mặc dù Adams đã viết theo lối bông đùa, nhưng các nhà vật lý nhận ra rằng nếu có cách nào điều khiển các xác suất này thì người ta có thể thực hiện được các kỳ công sánh ngang với phép thuật. Nhưng trong thời điểm hiện tại, việc thay đổi xác suất của các sự kiện là vượt quá xa tầm với công nghệ của chúng ta.

Tôi đôi khi đặt ra cho các nghiên cứu sinh của chúng tôi tại trường đại học những câu hỏi đơn giản hơn, chẳng hạn như tính toán xác suất mà họ sẽ đột ngột tan ra và tái vật chất hóa ở phía bên kia của một bức tường gạch. Theo thuyết lượng tử, có một xác suất nhỏ nhưng có thể tính được rằng điều này sẽ diễn ra. Hoặc, cũng như vậy, chúng ta sẽ tan ra trong phòng khách của mình và xuất hiện trên sao Hỏa. Theo thuyết lượng tử, về nguyên tắc người ta có thể đột nhiên tái vật chất hóa trên Hành tinh Đỏ. Tất nhiên, xác suất này nhỏ tới mức chúng ta sẽ phải chờ đợi lâu hơn cả tuổi đời của vũ trụ. Kết quả là trong cuộc sống hằng ngày, chúng ta có thể bỏ qua các sự kiện không chắc xảy ra như vậy. Nhưng ở cấp độ hạ nguyên tử, các xác suất như vậy là điểm cốt yếu duy trì hoạt động của các thiết bị điện tử, máy tính và laser.

Trên thực tế, các electron thường xuyên phi vật chất hóa và tái vật chất hóa ở phía bên kia của các bức tường bên trong các bộ phận cấu tạo nên chiếc máy tính và đầu đĩa CD của bạn. Trên thực tế, nền văn minh hiện đại sẽ sụp đổ nếu các electron không được phép ở hai chỗ cùng một lúc. (Các phân tử trong cơ thể chúng ta cũng sẽ sụp đổ nếu không có nguyên tắc kỳ quái này. Hãy tưởng tượng hai hệ Mặt Trời đang va chạm nhau trong không gian tuân theo các định luật hấp dẫn của Newton. Các hệ Mặt Trời đang va chạm này sẽ sụp đổ thành một mớ hỗn độn các hành tinh và các tiểu hành tinh. Tương tự, nếu các nguyên tử tuân theo các định luật của Newton, thì chúng sẽ tan rã bất cứ khi nào chúng va vào một nguyên tử khác. Cái giữ cho hai nguyên tử ổn định trong một phân tử là việc các electron có thể đồng thời ở rất nhiều chỗ, tới mức chúng tạo thành một "đám mây" electron liên kết các nguyên tử với nhau. Vì vậy, lý do tại sao các phân tử ổn định và vũ trụ không tan rã là các electron có thể ở nhiều chỗ cùng một lúc.)

Nhưng nếu các electron có thể tồn tại trong các trạng thái song song lơ lửng giữa tồn tại và không tồn tại, thì tại sao vũ trụ lại không thể? Xét cho cùng, trong quá khứ vũ trụ còn nhỏ hơn cả một electron. Một khi chúng ta đưa ra khả năng áp dụng nguyên lý lượng tử cho vũ trụ thì chúng ta buộc phải xem xét các vũ trụ song song.

Chính xác là khả năng này đã được khai thác trong truyện khoa học giả tưởng *The Man in the High Castle* (Người đàn ông trong lâu đài cao) gây xôn xao của Philip K. Dick. Trong cuốn sách này, có một vũ trụ khác thay thế bị tách khỏi vũ trụ của chúng ta vì một sự kiện then chốt duy nhất. Năm 1933, trong vũ trụ đó, lịch sử thế giới bị thay đổi khi viên đạn của một kẻ ám sát đã giết chết Tổng thống Roosevelt trong năm cầm quyền đầu tiên của ông. Phó tổng thống Garner tiếp quản và thiết lập một chính sách cô lập làm suy yếu Hoa Kỳ về mặt quân sự. Hoàn toàn bị bất ngờ trong trận Trân Châu Cảng và không thể phục hồi khi toàn bộ hạm đội Mỹ bị phá hủy, nên năm 1947 Mỹ buộc phải đầu hàng Đức và Nhật Bản. Mỹ cuối cùng bị chia cắt thành ba phần, với việc Đế quốc Đức kiểm soát vùng duyên hải phía đông, Nhật kiểm soát vùng duyên hải phía tây và một khu vực đệm gây phiền toái, gồm các bang vùng núi Rocky, nằm ở giữa. Trong vũ trụ song song này, một cá nhân bí ẩn viết cuốn sách *The Grasshopper Lies Heavy* (Châu chấu chậm chạp nặng nề), dựa trên một dòng trong *Kinh Thánh*(1), bị Đức Quốc xã cấm. Cuốn sách viết về một vũ trụ thay thế, trong đó Roosevelt đã không bị ám sát, phe Mỹ và Anh đánh bại Đức Quốc xã. Nhiệm

---

1. Lấy tích từ Sách *Giảng viên*, câu 12:5: Loài châu chấu trở nên chậm chạp nặng nề.

vụ của nữ nhân vật chính trong truyện này là xem xét xem có bất kỳ sự thật nào trong vũ trụ thay thế đó, trong đó dân chủ và tự do thắng thế, chứ không phải sự chuyên chế và phân biệt chủng tộc.

VÙNG CHẠNG VẠNG

Thế giới trong *The Man in the High Castle* và thế giới thực bị chia tách chỉ bằng một rủi ro nhỏ nhất là một viên đạn của kẻ ám sát. Tuy nhiên, cũng có thể là một thế giới song song bị chia tách ra khỏi vũ trụ của chúng ta bằng sự kiện rất nhỏ có thể xảy ra: một sự kiện lượng tử duy nhất, một tác động của tia vũ trụ.

Trong một phân đoạn của loạt phim truyền hình *Twilight Zone* (Vùng chạng vạng), một người đàn ông thức dậy đột nhiên thấy rằng vợ anh không nhận ra mình. Cô ấy hét vào mặt anh là hãy cuốn xéo trước khi cô gọi cảnh sát. Khi lang thang khắp thị trấn, anh thấy rằng người bạn chí thân cũng không nhận ra mình, y như thể anh chưa bao giờ tồn tại. Cuối cùng, anh tới nhà cha mẹ và vô cùng bàng hoàng. Cha mẹ của anh nói rằng họ chưa bao giờ có một người con trai. Không bạn bè, không gia đình, không nhà cửa, anh lang bạt vô vọng khắp thị trấn, cuối cùng ngủ quên trên ghế đá công viên, giống như một người vô gia cư. Khi tỉnh dậy vào ngày hôm sau, anh thấy mình nằm thư thái trên giường với cô vợ. Tuy nhiên, khi người vợ quay mặt lại, anh sửng sốt khi thấy cô không phải vợ mình, mà là một người đàn bà xa lạ anh chưa bao giờ nhìn thấy trước đó.

Những câu chuyện phi lý như vậy liệu có thể xảy ra? Có lẽ có. Nếu nhân vật chính trong *Twilight Zone* hỏi dò mẹ mình, anh có thể biết bà đã sẩy thai và do đó không bao giờ có một người con trai. Đôi khi một tia vũ trụ duy nhất, một hạt duy nhất từ khoảng không vũ trụ, cũng có thể tấn công ADN bên trong phôi và gây ra một đột biến, cuối cùng sẽ dẫn đến sẩy thai. Trong trường hợp như vậy, một sự kiện lượng tử duy nhất có thể chia tách hai thế giới, mà một trong số đó bạn sống như một công dân bình thường hữu ích, còn một thế giới kia y hệt như vậy, ngoại trừ việc bạn chưa bao giờ sinh ra trong đó.

Việc lén qua lén lại giữa các thế giới này *là* hoàn toàn nằm trong phạm vi của các định luật vật lý. Nhưng đó là điều gần như không thể có; xác suất xảy ra vô cùng nhỏ. Nhưng như ta có thể thấy, thuyết lượng tử cho chúng ta một bức tranh về vũ trụ kỳ lạ hơn nhiều so với bức tranh mà Einstein đã đưa ra. Trong thế giới của thuyết tương đối, sân khấu cuộc sống mà chúng ta biểu diễn trên đó có thể được làm bằng cao su, với các diễn viên di chuyển trên những đường cong khi họ đi ngang qua phông cảnh dựng. Giống như trong thế giới của Newton, các diễn viên trong thế giới của Einstein diễn răm rắp theo một kịch bản được viết trước đó. Còn trong thế giới lượng tử, các diễn viên đột nhiên vứt bỏ kịch bản và diễn theo ý mình. Các con rối tự cắt dây nối chúng. Tự do ý chí đã được thiết lập. Các diễn viên có thể biến mất và xuất hiện lại sân khấu. Thậm chí còn kỳ lạ hơn, họ có thể thấy chính mình xuất hiện ở hai nơi cùng một lúc. Các diễn viên, khi diễn các lời thoại của họ, không bao giờ biết chắc chắn họ có đang nói chuyện với một ai đó hay không mà người đối thoại có thể đột nhiên biến mất và xuất hiện trở lại ở một nơi khác.

TRÍ TUỆ "QUÁI KIỆT": JOHN WHEELER

Có lẽ ngoài Einstein và Bohr, không người nào đánh vật với những điều vô lý và những thành công của thuyết lượng tử nhiều hơn John Wheeler. Phải chăng mọi thực tại vật lý chỉ là hư ảo? Các vũ trụ lượng tử song song liệu có tồn tại không? Trước kia, khi chưa nghiền ngẫm các nghịch lý lượng tử "cứng đầu", Wheeler đã áp dụng các xác suất này để chế tạo bom nguyên tử và bom nhiệt hạch và đã đi tiên phong trong nghiên cứu các lỗ đen. John Wheeler là người cuối cùng trong những người khổng lồ, hoặc trong "những trí tuệ quái kiệt", như cách gọi của học trò ông là Richard Feynman, những người trăn trở giải quyết các kết luận điên rồ của thuyết lượng tử.

Cũng chính Wheeler là người đã nêu ra thuật ngữ "lỗ đen" vào năm 1967 trong một hội thảo tại Viện Nghiên cứu Vũ trụ Goddard của NASA tại thành phố New York sau khi phát hiện ra các sao xung đầu tiên.*

Wheeler sinh năm 1911 tại Jacksonville, bang Florida. Phụ thân ông là một thủ thư, nhưng niềm đam mê kỹ thuật đã ngấm trong dòng máu của gia đình ông. Ba người chú của ông là các kỹ sư khai thác mỏ và thường xuyên phải sử dụng đến chất nổ trong công việc. Ý tưởng sử dụng dynamit đã mê hoặc Wheeler, và ông rất thích thú ngắm nhìn các vụ nổ. (Một ngày, ông đã bất cẩn thử nghiệm với một mẩu dynamit và nó vô tình phát nổ trong tay ông, thổi bay một phần ngón cái và đầu một ngón tay khác của ông. Thật trùng hợp, khi Einstein còn là sinh viên đại học, một vụ nổ tương tự đã diễn ra do bất cẩn, và tay ông cần tới vài vết khâu.)

Wheeler là một cậu bé trưởng thành sớm, thạo vi tích phân và thường đọc ngấu nghiến mọi cuốn sách mà ông có thể tìm thấy về một thuyết mới mà các bạn ông đang bàn tán xôn xao: cơ học lượng tử. Cậu đang chứng kiến một thuyết mới được Niels Bohr, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger phát triển ở châu Âu đột nhiên hé lộ các bí mật của nguyên tử. Vậy mà mới vài năm trước, các môn đồ của nhà triết học Ernst Mach đã công kích sự tồn tại của các nguyên tử, họ phát biểu rằng các nguyên tử không thể quan sát được trong phòng thí nghiệm và có lẽ nó chỉ là điều tưởng tượng. Họ tuyên bố cái gì không thể nhìn thấy có lẽ không tồn tại. Nhà vật lý vĩ đại Ludwig Boltzmann, người đề ra các định luật nhiệt động lực học, đã tự sát vào năm 1906, một phần vì phải đối mặt với sự nhạo báng dữ dội trong khi thúc đẩy khái niệm về các nguyên tử.

Sau đó, trong những năm tháng bản lề, từ năm 1925 tới năm 1927, các bí mật của nguyên tử đã được hé lộ một cách dồn dập. Chưa bao giờ trong lịch sử hiện đại (ngoại trừ năm 1905, với công trình của Einstein) những bước đột phá với tầm quan trọng như thế lại được thực hiện trong một thời gian ngắn như vậy. Wheeler muốn trở thành một phần của cuộc cách mạng này. Nhưng ông nhận ra rằng nền vật lý Hoa Kỳ rất lạc hậu; và không đóng góp một nhà vật lý tầm cỡ thế giới nào cả. Giống như J. Robert Oppenheimer trước đó, Wheeler đã rời Hoa Kỳ và tới Copenhagen để học hỏi từ chính bậc sư phụ trong ngành Niels Bohr.

Các thí nghiệm trước đó về các electron đã chứng minh rằng chúng mang cả tính chất hạt lẫn tính chất sóng. Lưỡng tính sóng-hạt kỳ lạ này cuối cùng đã được các nhà vật lý lượng tử khám phá: các electron, khi nhảy múa xung quanh nguyên tử thì ứng xử như là một hạt, nhưng lại kèm theo một sóng bí ẩn. Năm 1925, nhà vật lý người Áo Erwin Schrödinger đã đề xuất một phương trình (phương trình sóng Schrödinger trứ danh) miêu tả chính xác chuyển động của sóng đi kèm electron. Sóng này, được ký hiệu bằng chữ cái Hy Lạp *psi* (ψ), đã dẫn đến những dự đoán vô cùng chính xác về hành trạng của các nguyên tử, làm bùng lên một cuộc cách mạng trong vật lý. Bất ngờ là gần như từ những nguyên lý đầu tiên, người ta có thể nhòm vào bên trong bản thân nguyên tử để tính toán các electron nhảy múa trong quỹ đạo của chúng như thế nào, chuyển đổi các trạng thái và liên kết các nguyên tử trong phân tử ra sao.

Như nhà vật lý lượng tử Paul Dirac đã tự hào đoán rằng, vật lý sẽ sớm quy mọi thứ của hóa học thành công việc đơn thuần của các kỹ sư. Ông tuyên bố: "Các định luật vật lý nền tảng cần cho lý thuyết toán học của phần lớn vật lý và toàn bộ hóa học đã hoàn toàn được biết đến, và khó khăn chỉ là việc áp dụng các định luật này sẽ dẫn tới các phương trình phức tạp đến mức khó có thể giải ra."* Cũng ngoạn mục như thế, chính hàm *psi* này thể hiện điều gì vẫn còn là một bí ẩn.

Cuối cùng, vào năm 1928, nhà vật lý Max Born đã đề xuất ý tưởng rằng hàm sóng này thể hiện xác suất tìm thấy electron tại một điểm bất kỳ đã cho. Nói cách khác, bạn không bao giờ có thể biết đích xác một electron ở chỗ nào; tất cả những gì bạn có thể làm là tính toán hàm sóng của nó, để biết xác suất nơi nó xuất hiện. Vì vậy, nếu vật lý nguyên tử có thể được quy thành các sóng xác suất của một electron đang ở nơi này hay nơi kia, và nếu một electron dường như có thể ở hai chỗ cùng một lúc, thì cuối cùng vị trí thật sự của electron là ở đâu?

Cuối cùng, Bohr và Heisenberg đã phát triển một tập hợp đầy đủ các công thức lượng tử phù hợp rất tốt với nhiều thí nghiệm trên các nguyên tử với độ chính xác tuyệt diệu. Hàm sóng chỉ thông báo cho bạn biết xác suất vị trí xuất hiện của electron. Nếu hàm sóng tại một điểm nào đó lớn, có nghĩa electron khả năng cao sẽ nằm ở đó. (Nếu giá trị của nó nhỏ, thì không chắc electron có thể được tìm thấy ở đó.) Ví dụ, nếu chúng ta có thể "thấy" hàm sóng của một người, nó sẽ khá giống với hình dạng người đó. Tuy nhiên, hàm sóng này cũng tỏa nhẹ vào không gian, có nghĩa rằng tồn tại một xác suất rất nhỏ là người đó có thể được tìm thấy trên Mặt Trăng. (Trên thực tế, hàm sóng của một người thực sự lan tỏa khắp vũ trụ.)

Điều này cũng có nghĩa là hàm sóng của một cái cây có thể thông báo cho bạn biết xác suất rằng nó hoặc đang đứng hoặc đã đổ, nhưng nó không thể thông báo dứt khoát cho bạn biết cái cây đó thực sự ở trạng thái nào. Nhưng giác quan thông thường thông báo cho chúng ta biết rằng các vật thể ở các trạng thái xác định. Khi bạn nhìn một cái cây, thì cây này dứt khoát hiện diện ở trước mặt bạn - hoặc là đang đứng hoặc là đã đổ, chứ không phải cả hai trạng thái.

Để giải quyết sự khác nhau giữa các sóng xác suất và ý niệm cảm giác thông thường của chúng ta về sự tồn tại, Bohr và Heisenberg đã giả định rằng sau khi một người quan sát từ bên ngoài thực hiện một phép đo, hàm sóng sẽ "sụp đổ" một cách thần diệu, và electron rơi vào trạng thái xác định - nghĩa là sau khi nhìn vào cái cây, chúng ta thấy rằng nó thực sự đang đứng. Nói cách khác, *quá trình quan sát xác định trạng thái cuối cùng của electron*. Sự quan sát thực sự quan trọng đối với việc tồn tại. Sau khi chúng ta quan sát electron, hàm sóng của nó sụp đổ, do đó electron ở trạng thái xác định và các hàm sóng không còn cần thiết nữa.

Vì thế các định đề theo trường phái Copenhagen của Bohr, nói chung, có thể tóm tắt sơ lược như sau:

a. Mọi năng lượng xuất hiện thành các gói rời, gọi là các lượng tử. (Chẳng hạn, lượng tử ánh sáng là photon. Các lượng tử của lực hạt nhân yếu gọi là boson W và boson Z, lượng tử cho lực hạt nhân mạnh gọi là gluon, và lượng tử cho hấp dẫn gọi là graviton, vẫn chưa được tìm thấy trong phòng thí nghiệm.)
b. Vật chất được thể hiện bằng những hạt điểm, nhưng xác

suất của việc tìm thấy một hạt được xác định bằng một sóng. Sóng này, tới lượt nó, tuân theo một phương trình sóng cụ thể (như là phương trình sóng Schrödinger).

c. Một vật thể đồng thời tồn tại trong tất cả các trạng thái có thể khi chưa được quan sát. Để xác định vật thể ở trạng thái nào, chúng ta phải thực hiện một quan sát, quan sát đó làm hàm sóng "sụp đổ", và vật thể bước vào một trạng thái xác định. Hành động quan sát phá hủy hàm sóng, và vật thể giờ đây chiếm một thực tại xác định. Hàm sóng hoàn thành mục đích của nó: nó đã cho chúng ta biết xác suất chính xác của việc tìm thấy vật thể trong trạng thái cụ thể đó.

TẤT ĐỊNH HAY BẤT ĐỊNH?

Thuyết lượng tử là thuyết vật lý thành công nhất mọi thời đại. Đỉnh cao của thuyết lượng tử là Mô hình Chuẩn, thành quả đúc kết từ các thực nghiệm với các máy gia tốc hạt trong nhiều thập kỷ. Các phần của thuyết này đã được kiểm chứng chính xác tới $1/10^{10}$. Nếu như ta tính cả khối lượng của notrino, thì Mô hình Chuẩn là phù hợp với mọi thử nghiệm trên các hạt hạ nguyên tử, mà không có ngoại lệ.

Nhưng cho dù thuyết lượng tử có thành công như thế nào đi chăng nữa, về mặt thực nghiệm nó dựa trên các định đề đã gây ra tranh cãi nảy lửa trong triết học và thần học trong tám mươi năm qua. Nói riêng, định đề thứ hai đã làm bùng phát cơn giận dữ từ các tôn giáo, vì nó đặt ra câu hỏi ai là người quyết định số phận của chúng ta. Trải qua nhiều thời đại, các nhà triết học, các nhà thần học và các nhà khoa học đã bị tương lai thu hút tâm trí và họ băn khoăn liệu rằng bằng cách nào đó có thể biết được số phận của mình hay không. Trong vở kịch *Macbeth* của Shakespeare, Banquo, khi liều lĩnh cuốn đi bức màn che phủ số phận, đã giãi bày những lời đáng nhớ:

Nếu các bà có thể nhìn vào hạt giống thời gian
Và tiên đoán hạt nào sẽ phát triển còn hạt nào sẽ không,

Khi đó hãy nói với ta...
(hồi 1, cảnh 3)[1]

Shakespeare đã viết những lời này vào năm 1606. Tám mươi năm sau, một người Anh khác là Isaac Newton đã táo bạo tuyên bố rằng ông đã biết câu trả lời cho câu hỏi cổ xưa này. Cả Newton và Einstein đều tin vào khái niệm được gọi là tất định, mà theo đó tất cả mọi sự kiện tương lai về nguyên tắc có thể xác định được. Đối với Newton, vũ trụ là một chiếc đồng hồ khổng lồ được Chúa Trời lên dây vào lúc thời gian bắt đầu. Kể từ đó, nó vẫn đang điểm nhịp, tuân theo ba định luật về chuyển động của ông, theo một cách có thể được dự đoán chính xác. Nhà toán học người Pháp Pierre Simon de Laplace, cố vấn khoa học của Napoleon, đã viết rằng bằng việc sử dụng các định luật Newton, người ta có thể dự đoán tương lai với cùng một độ chính xác như khi nhìn lại quá khứ. Ông đã viết rằng nếu một sinh vật có thể biết được vị trí và vận tốc của tất cả các hạt trong vũ trụ, thì "đối với một trí tuệ như vậy, không gì có thể là không chắc chắn; và tương lai cũng giống như quá khứ sẽ hiển hiện trước mắt anh ta"*. Khi Laplace trình lên Napoleon cuốn kiệt tác của ông là *Celestial Mechanics* (Cơ học thiên thể), vị hoàng đế đã nói: "Ngươi đã viết tác phẩm đồ sộ này về bầu trời mà lại không một lần nhắc đến Chúa." Laplace đã trả lời: "Tâu bệ hạ, thần đã không cần tới giả thuyết đó."

Đối với Newton và Einstein, ý niệm về ý chí tự do, cho rằng chúng ta làm chủ số phận mình, chỉ là một ảo tưởng. Ý niệm tri giác thông thường về thực tại rằng các vật thể cụ thể mà chúng ta đụng chạm là có thực và tồn tại trong các trạng thái xác định, được Einstein gọi là "thực tại khách quan". Ông trình bày rõ ràng nhất quan điểm của mình như sau:

> Tôi là người theo thuyết tất định, buộc phải hành động như thể ý chí tự do có tồn tại, vì nếu tôi muốn sống trong một xã hội văn minh, tôi phải hành động có trách nhiệm. Tôi biết

---

[1] Khi Banquo cùng Macbeth gặp ba mụ phù thủy trên vùng đất hoang mọc đầy thạch nam.

> rằng về mặt triết học một kẻ sát nhân không chịu trách nhiệm về các tội ác của anh ta, nhưng tôi không thích uống trà với anh ta. Sự nghiệp của tôi được xác định bởi các thế lực khác nhau mà tôi không kiểm soát được, trước tiên là các tuyến bí ẩn trong đó tự nhiên chế ra tinh chất của sự sống. Henry Ford gọi nó là Tiếng gọi Nội tâm của ông, Socrates nói đến nó như nói đến con quỷ của ông: mỗi người giải thích theo cách của riêng mình rằng ý chí con người không được tự do... Mọi vật đều được xác định... bởi những thế lực mà chúng ta không thể kiểm soát... đối với con côn trùng cũng như đối với ngôi sao. Con người, cây cỏ hay bụi vũ trụ, tất cả chúng ta đều nhảy múa theo một nhịp thời gian bí ẩn, được một diễn viên vô hình ở xa ngâm nga đều đều(1).*

Các nhà thần học cũng đã vật lộn với câu hỏi này. Phần lớn các tôn giáo trên thế giới tin vào một dạng thức nào đó của tiền định, ý tưởng cho rằng Chúa không chỉ là đấng toàn năng (quyền năng bao trùm) và toàn hiện (hiện hữu ở mọi nơi), mà còn toàn tri (biết mọi thứ, kể cả tương lai). Trong một số tôn giáo, điều này có nghĩa là Chúa biết chúng ta sẽ lên thiên đường hay xuống địa ngục, thậm chí trước cả khi chúng ta sinh ra. Tóm lại, có một cuốn "sổ thiên tào" ở một nơi nào đó trên thiên đường liệt kê tất cả họ tên chúng ta, bao gồm ngày sinh tháng đẻ, những thất bại và thành công, niềm vui và nỗi buồn của chúng ta, thậm chí cả ngày chết của chúng ta, và chúng ta sẽ sống trên thiên đường hay bị đày đọa vĩnh viễn dưới địa ngục.

(Câu hỏi thần học tế nhị về tiền định này đã góp phần chia rẽ Giáo hội Công giáo làm đôi vào năm 1517, khi Martin Luther công bố chín mươi lăm luận đề về Giáo hội ở Wittenberg. Trong đó, ông công kích tập quán bán phép giải tội của nhà thờ - về bản chất đó là hình thức hối lộ nhằm dọn con đường lên thiên đường của những kẻ giàu có. Dường như Luther nói rằng Chúa

---

1. *Einstein: The Life and Times* (Einstein: Cuộc sống và thời đại), Ronald W. Clark, trang 422.

có lẽ đã biết trước tương lai và số phận của chúng ta đã được định trước, nhưng không thể thuyết phục Chúa thay đổi suy nghĩ bằng cách hiến tặng hậu hĩ cho nhà thờ.)

Nhưng đối với các nhà vật lý, những người chấp nhận khái niệm xác suất, định đề gây tranh cãi nhất lại là định đề thứ ba, là định đề làm đau đầu các thế hệ nhà vật lý và nhà triết học. "Quan sát" là một khái niệm lỏng lẻo, được định nghĩa kém. Hơn nữa, nó lại dựa trên thực tế rằng thực sự có hai loại vật lý: một cho thế giới hạ nguyên tử kỳ quái, nơi các electron dường như có thể ở hai nơi cùng một lúc, và một loại khác cho thế giới vĩ mô mà chúng ta đang sống, nơi dường như tuân theo các định luật Newton thông thường.

Theo Bohr, có một "bức tường" vô hình chia tách thế giới nguyên tử khỏi thế giới vĩ mô quen thuộc hằng ngày. Trong khi thế giới nguyên tử tuân theo các quy luật kỳ quái của thuyết lượng tử, thì cuộc sống của chúng ta lại diễn ra bên ngoài bức tường đó, trong thế giới của các hành tinh và các ngôi sao hoàn toàn xác định, nơi các sóng đã sụp đổ.

Wheeler, học trò của các bậc thầy sáng tạo ra cơ học lượng tử, thích tóm lược hai trường phái tư duy về vấn đề này. Ông đưa ra ví dụ về ba trọng tài tại một trận đấu bóng chày đang thảo luận về các điểm hết sức tinh tế của môn bóng này. Khi đưa ra quyết định, ba trọng tài này nói:

Số 1: Tôi gọi tên chúng như tôi thấy chúng.
Số 2: Tôi gọi tên chúng theo cách chúng *vốn có*.
Số 3: Chúng *không là gì* cho tới khi tôi gọi tên chúng.*

Với Wheeler, trọng tài thứ hai là Einstein, người tin rằng có một thực tại tuyệt đối bên ngoài trải nghiệm của con người. Einstein gọi điều này là "thực tại khách quan", ý niệm đó cho rằng các vật thể có thể tồn tại trong các trạng thái xác định mà không có sự can thiệp của con người. Trọng tài thứ ba là Bohr, người đã lập luận rằng thực tại tồn tại chỉ sau khi thực hiện quan sát.

NHỮNG CÁI CÂY TRONG KHU RỪNG

Các nhà vật lý đôi khi nhìn các nhà triết học với một thái độ khinh khi nhất định, như Cicero, một người La Mã từng nói: "Không có gì vô lý tới mức nó chưa từng được các nhà triết học nói ra." Nhà toán học Stanislaw Ulam, không thích việc đặt các tên gọi cao quý cho những khái niệm ngu ngốc, đã từng nói: "Sự điên rồ là khả năng phân biệt tinh tế về các loại điều vô nghĩa khác nhau."* Bản thân Einstein đã từng viết về triết học, "Chẳng phải tất cả triết lý đều dường như được viết ra bằng mật ngọt đấy ư? Thật kỳ diệu khi người ta ngắm nó, nhưng khi nhìn lại thì nó đã biến mất rồi. Chỉ còn lại một thứ sền sệt."*

Các nhà vật lý cũng thích thú truyền tai nhau câu chuyện bịa được cho là thốt ra từ miệng hiệu trưởng của một trường đại học khi ông này bực mình nhìn vào ngân sách rót cho các khoa lý, toán và triết. Ông ấy nói: "Tại sao những nhà vật lý các anh luôn đòi hỏi quá nhiều thiết bị đắt tiền? Trong khi khoa toán chẳng đòi hỏi gì, ngoài tiền mua giấy, bút chì và giỏ đựng giấy lộn, khoa triết thì còn tốt hơn nữa. Họ chẳng đòi hỏi đến cả các giỏ đựng giấy lộn."*

Tuy nhiên, các nhà triết học có thể chưa phải là những người được cười cuối cùng. Thuyết lượng tử vẫn chưa hoàn thiện và dựa vào các nền tảng triết học không vững chãi. Tranh cãi lượng tử này buộc người ta phải xem xét lại công trình của các nhà triết học như giám mục Berkeley(1) ở thế kỷ 18, người tuyên bố rằng các vật thể tồn tại chỉ bởi vì có con người ở đó để quan sát chúng, một triết lý gọi là thuyết duy ngã hay chủ nghĩa duy tâm. Những người theo trường phái này lý luận: Nếu một cái cây đổ trong rừng nhưng không có ai ở đó để chứng kiến, thì nó không thật sự đổ.

Giờ chúng ta hãy dùng thuyết lượng tử để diễn giải lại về những cái cây đổ trong rừng. Khi chưa quan sát, bạn không biết liệu nó có đổ hay không. Trên thực tế, cây này đồng thời tồn

---

1. George Berkeley (1685-1753): nhà triết học người Ireland, nổi tiếng với học thuyết mang tên "chủ nghĩa duy tâm chủ quan".

tại trong mọi trạng thái có thể: nó có thể bị đốt cháy, đổ xuống, biến thành củi, mùn cưa và v.v. Khi bạn bắt đầu quan sát, thì cây này đột nhiên hiện lên trong một trạng thái xác định, và chúng ta thấy rằng nó đã đổ chẳng hạn.

Khi so sánh cái khó về mặt triết học của thuyết tương đối và thuyết lượng tử, Feynman đã từng nhận xét: "Có một thời báo chí viết rằng chỉ có mười hai người hiểu thuyết tương đối. Tôi không tin từng có thời như thế... Mặt khác, tôi có thể nói mà không sợ sai rằng không ai hiểu được cơ học lượng tử."* Ông viết rằng cơ học lượng tử "miêu tả tự nhiên rất phi lý theo quan điểm của tri giác thông thường. Nhưng nó hoàn toàn phù hợp với thực nghiệm. Vì thế tôi hy vọng bạn có thể chấp nhận tự nhiên như nó vốn có: phi lý"*. Điều này đã khiến nhiều nhà vật lý đang hành nghề cảm thấy khó chịu, vì họ cảm thấy như thể họ đang xây nên toàn thể các thế giới trên cát. Steven Weinberg viết: "Tôi thừa nhận có hơi không thoải mái khi cả đời làm việc cho một khuôn khổ lý thuyết mà không một ai hiểu được hoàn toàn."*

Trong khoa học truyền thống, người quan sát luôn cố gắng tách mình ra khỏi thế giới để tạo sự khách quan nhất. (Như một người hài hước đã nói: "Bạn luôn có thể phát hiện ra nhà khoa học tại một câu lạc bộ thoát y, vì ông ta là người duy nhất khảo sát khán giả.") Nhưng giờ thì chúng ta mới thấy rằng không thể tách rời người quan sát ra khỏi các đối tượng được quan sát. Như Max Planck đã từng nhận xét: "Khoa học không thể tìm ra lời giải cho bí ẩn tối hậu của Tự nhiên. Đó là bởi trong lần phân tích cuối cùng chính chúng ta là một phần của bí ẩn mà chúng ta đang cố tìm ra lời giải."*

VẤN ĐỀ CON MÈO

Erwin Schrödinger, người đưa phương trình sóng vào tâm điểm chú ý, đã nghĩ rằng điều này đã đi quá xa. Ông thú nhận với Bohr rằng ông hối tiếc vì đã đề xuất khái niệm sóng nếu như nó đưa khái niệm xác suất vào vật lý.

Để đánh đổ ý tưởng xác suất, ông đã đề xuất một thí nghiệm. Hãy tưởng tượng một con mèo bị nhốt kín trong một chiếc hộp. Bên trong chiếc hộp, có một chai khí độc, kết nối với một cái búa, cái búa lại kết nối với một máy đếm Geiger đặt gần một mảnh urani. Không ai tranh cãi rằng phân rã phóng xạ của nguyên tử urani hoàn toàn là một sự kiện lượng tử không thể dự đoán trước. Giả sử có 50% cơ hội mà một nguyên tử urani sẽ phân rã trong giây tiếp theo. Nhưng nếu một nguyên tử urani phân rã, nó khởi động máy đếm Geiger, làm cho chiếc búa đập vào cái chai và giết chết con mèo. Trước khi bạn mở hộp, không thể nói con mèo là sống hay chết. Trên thực tế, để miêu tả con mèo, các nhà vật lý bổ sung hàm sóng của con mèo sống và con mèo chết - có nghĩa là, chúng ta đặt con mèo trong cõi nửa âm ty với 50% chết và 50% sống cùng lúc.

Bây giờ hãy mở chiếc hộp. Ngay khi chúng ta nhòm vào trong hộp, một quan sát được thực hiện, hàm sóng sụp đổ, và giả sử chúng ta thấy con mèo còn sống. Đối với Schrödinger, điều này thật ngớ ngẩn. Làm thế nào mà con mèo có thể vừa chết lại vừa sống cùng lúc chỉ vì chúng ta đã không nhìn vào nó? Liệu con mèo có đột nhiên vọt vào trạng thái tồn tại ngay khi chúng ta quan sát nó? Chính Einstein cũng không bằng lòng với giải thích này. Mỗi khi khách khứa đến nhà chơi, ông sẽ nói: hãy nhìn vào Mặt Trăng. Liệu Mặt Trăng có đột nhiên trở nên tồn tại khi con chuột ngước nhìn nó? Einstein tin rằng câu trả lời là không. Nhưng theo nghĩa nào đó thì câu trả lời có thể là có.

Sự việc cuối cùng đã lên đến đỉnh điểm vào năm 1930 trong một cuộc đụng độ lịch sử giữa Einstein và Bohr tại Hội nghị Solvay. Wheeler sau này đã nhận xét rằng nó là cuộc tranh luận lớn nhất trong lịch sử giới trí thức mà ông từng biết. Trong vòng ba mươi năm, ông chưa bao giờ nghe nói tới một cuộc tranh luận giữa hai người vĩ đại hơn về một vấn đề sâu sắc hơn với những hệ quả sâu xa hơn cho một sự hiểu biết về vũ trụ.

Einstein, luôn đầy dũng khí, táo bạo và có tài hùng biện tột bậc, đã đề xuất một hàng rào "thực nghiệm tư duy" để đánh đổ thuyết lượng tử. Bohr thì không ngừng lầm bầm vì bị quay cuồng sau mỗi cuộc tấn công. Nhà vật lý Paul Ehrenfest đã nhận xét: "Thật tuyệt vời khi tôi có mặt tại cuộc đối thoại giữa Bohr và E. Giống như một kỳ thủ, E. luôn đưa ra những dẫn chứng mới mẻ. Một loại động cơ vĩnh cửu loại thứ hai[1], với ý định bẻ gãy sự bất định. Bohr thì luôn luôn từ đám mây khói triết học tìm kiếm các công cụ để bác bỏ hết dẫn chứng này tới dẫn chứng khác. Einstein giống như hộp hình nộm[2], luôn bật lên mới mẻ vào mỗi buổi sáng. Chao ôi, thật thú vị. Nhưng tôi gần như không dè dặt ủng hộ Bohr và chống lại E. Ông ấy cư xử với Bohr hệt như những người ủng hộ tính đồng thời tuyệt đối đã cư xử với ông ấy trước kia."*

Cuối cùng, Einstein đề xuất một thực nghiệm mà ông nghĩ sẽ là phát súng ân huệ kết liễu thuyết lượng tử. Hãy tưởng tượng một hộp có chứa khí photon[3]. Nếu như hộp này có một cửa sập, nó có thể giải phóng một photon duy nhất trong thời gian cực ngắn. Vì người ta có thể đo chính xác tốc độ của cửa sập, và cũng đo được năng lượng của photon, nên có thể xác định trạng thái của photon chính xác gần như tuyệt đối, do đó vi phạm nguyên lý bất định.

Ehrenfest đã viết: "Đối với Bohr, đây là một đòn nặng nề. Ngay lúc đó, ông không tìm ra giải pháp đối phó. Ông đã cực kỳ khổ sở suốt cả buổi chiều, đi từ phía người này sang phía người khác, cố gắng thuyết phục tất cả bọn họ rằng điều này không thể đúng, vì nếu E. đúng thì điều này sẽ đồng nghĩa với sự kết thúc của vật lý. Nhưng ông không thể nghĩ ra cách bác bỏ. Tôi sẽ không bao giờ quên được cảnh hai đối thủ rời khỏi câu lạc bộ trường đại học. Einstein, với dáng đi oai vệ, bước đi bình thản với nụ cười hơi châm biếm, còn Bohr chạy lóc cóc bên cạnh ông, với vẻ mặt cực kỳ rầu rĩ."*

Sau đó, khi Ehrenfest gặp Bohr, ông không thể nói được điều gì; tất cả những gì ông có thể làm là lẩm bẩm liên hồi, "Einstein... Einstein... Einstein."

Ngày hôm sau, sau một đêm căng thẳng không ngủ, Bohr đã có thể tìm thấy một khiếm khuyết nhỏ trong luận cứ của Einstein. Sau khi phát ra photon, chiếc hộp đã hơi nhẹ hơn, vì vật chất và năng lượng là tương đương. Điều này có nghĩa rằng chiếc hộp đã nâng lên một chút dưới tác động của lực hấp dẫn, vì năng lượng có trọng lượng, theo thuyết hấp dẫn của chính Einstein. Nhưng điều này đã đưa sự bất định vào năng lượng của photon. Nếu sau đó người ta tính toán được sự bất định trọng lượng và sự bất định của tốc độ cửa sập, thì sẽ thấy rằng chiếc hộp tuân theo nguyên lý bất định một cách tuyệt đối. Trên thực tế, Bohr đã sử dụng thuyết hấp dẫn của chính Einstein để bác bỏ Einstein! Bohr đã chiến thắng. Einstein đã thất bại.

---

[1] Động cơ vĩnh cửu loại hai tự động thu nhiệt năng từ môi trường xung quanh để biến thành công cơ học. Loại động cơ này vi phạm định luật hai nhiệt động lực học.

[2] Nguyên văn: Jack-in-a-box, một loại đồ chơi cho trẻ em, mỗi lần mở nắp hộp thì hình nộm lại bật lên.

[3] Tập hợp các photon giống như khí, với nhiều tính chất (áp suất, nhiệt độ, entropy v.v.) giống như khí thông thường.

Lúc Einstein phàn nàn: "Chúa không chơi súc sắc với thế giới," thì Bohr phản pháo: "Hãy ngừng bảo Chúa phải làm gì." Cuối cùng, Einstein cũng thừa nhận rằng Bohr đã bác bỏ thành công lập luận của mình. Einstein viết: "Tôi tin rằng thuyết này chắc chắn chứa một mẩu chân lý nào đó."* (Tuy nhiên, Einstein tỏ ra coi thường những nhà vật lý nào không hiểu các nghịch lý tinh tế vốn có trong thuyết lượng tử. Ông đã từng viết: "Tất nhiên, ngày nay mọi kẻ nhãi ranh cũng nghĩ rằng anh ta biết câu trả lời, nhưng thực ra anh ta đang tự dối mình."*)

Sau các cuộc tranh luận nảy lửa với các nhà vật lý lượng tử, Einstein cuối cùng đã chịu thua, nhưng lại có một cách tiếp cận khác. Ông thừa nhận rằng thuyết lượng tử là chính xác, nhưng chỉ trong một miền nhất định, chỉ là sự gần đúng với chân lý trong thực tế. Theo cùng một cách như thuyết tương đối đã tổng quát hóa (nhưng không phá bỏ) thuyết của Newton, ông muốn hấp thụ thuyết lượng tử vào một thuyết tổng quát hơn và thuyết phục hơn, là thuyết trường thống nhất.

(Cuộc tranh luận này, giữa một phe là Einstein và Schrödinger, và bên kia là Bohr và Heisenberg, không thể dễ dàng bị bỏ qua, vì các "thực nghiệm tư duy" này bây giờ có thể được thực hiện trong phòng thí nghiệm. Mặc dù các nhà khoa học không thể làm cho con mèo ở trạng thái vừa chết lại vừa sống, nhưng giờ họ có thể điều khiển các nguyên tử đơn lẻ bằng công nghệ nano. Gần đây, các thực nghiệm "gây choáng" này đã được thực hiện với một quả cầu Bucky chứa sáu mươi nguyên tử cacbon[1], nên "bức tường" mà Bohr đã mường tượng ngăn cách các vật thể vĩ mô khỏi các vật thể lượng tử đang nhanh chóng vỡ vụn. Các nhà vật lý thực nghiệm hiện nay thậm chí còn suy tính phương cách để chỉ ra rằng, một virus tạo nên từ hàng nghìn nguyên tử, có thể ở hai chỗ cùng một lúc.)

BOM NGUYÊN TỬ

Thật không may, các cuộc thảo luận về những nghịch lý thú vị này đã bị gián đoạn do sự trỗi dậy của Hitler vào năm 1933 và cuộc chạy đua chế tạo bom nguyên tử. Trong nhiều năm, thông qua phương trình nổi tiếng $E = mc^2$ của Einstein, người ta đã biết rằng có một kho năng lượng khổng lồ bị nhốt bên trong nguyên tử. Nhưng phần lớn các nhà vật lý đã gạt bỏ ý tưởng khai thác năng lượng này. Ngay cả Ernest Rutherford, người đã phát hiện ra hạt nhân của nguyên tử, cũng nói: "Năng lượng được tạo ra bằng sự phá vỡ nguyên tử là một điều rất tồi tệ. Bất cứ ai mong đợi một nguồn năng lượng từ sự biến đổi của các nguyên tử này đều là đang nói chuyện vớ vẩn."*

Năm 1939, Bohr đã thực hiện một chuyến đi định mệnh tới New York, Mỹ để gặp học trò John Wheeler. Ông đã mang theo tin tức đáng lo ngại: Otto Hahn và Lise Meitner đã chỉ ra rằng các hạt nhân urani có thể bị chia tách làm đôi và giải phóng năng lượng, trong một quá trình gọi là phân hạch. Bohr và Wheeler bắt đầu tiến hành nghiên cứu động lực học lượng tử của quá trình phân hạch. Vì mọi thứ trong thuyết lượng tử là vấn đề của xác suất và cơ hội, họ ước tính xác suất mà một notron sẽ phá vỡ hạt nhân urani, giải phóng hai hoặc nhiều notron, để sau đó phân chia ra thậm chí còn nhiều hạt nhân urani hơn nữa, rồi lại giải phóng thêm nhiều notron hơn nữa v.v., tạo nên một phản ứng dây chuyền có sức tàn phá cả một thành phố hiện đại. (Trong cơ học lượng tử, bạn không bao giờ có thể biết một notron cụ thể nào đó sẽ phân hạch một nguyên tử urani, nhưng bạn có thể tính toán với độ chuẩn xác đáng kinh ngạc xác suất mà hàng tỉ nguyên tử urani sẽ phân hạch trong một quả bom. Đó chính là sức mạnh của cơ học lượng tử.)

---

[1] Một dạng cacbon (gọi là fullerene cầu), được đặt theo tên của Richard Buckminster "Bucky" Fuller, 1895-1983, kiến trúc sư, nhà thiết kế, nhà phát minh người Mỹ.

Các tính toán lượng tử của họ chỉ ra rằng chế tạo một quả bom nguyên tử là hoàn toàn khả thi. Hai tháng sau, Bohr, Eugene Wigner, Leo Szilard và Wheeler đã gặp nhau tại văn phòng cũ của Einstein ở Princeton để thảo luận về triển vọng tạo ra một quả bom nguyên tử. Bohr lúc đó tin rằng sẽ phải tiêu tốn nguồn lực của cả một quốc gia để chế tạo được quả bom. (Vài năm sau đó, Szilard đã thuyết phục Einstein viết lá thư định mệnh cho Tổng thống Franklin Roosevelt, thúc giục ông cho chế tạo bom nguyên tử.)

Cùng năm đó, Đức Quốc xã, sau khi nhận ra rằng năng lượng khủng khiếp giải phóng từ nguyên tử urani có thể mang lại cho chúng một vũ khí không thể đánh bại, đã ra lệnh cho học trò của Bohr là Heisenberg chế tạo bom nguyên tử cho Hitler. Chỉ trong một đêm, các cuộc thảo luận về xác suất phân hạch lượng tử trở nên vô cùng nghiêm trọng, đe dọa số phận của nhân loại. Các thảo luận về xác suất tìm thấy các con mèo sống nhanh chóng bị thay thế bằng các cuộc thảo luận về xác suất phân hạch urani.

Năm 1941, khi Đức Quốc xã đang giày xéo phần lớn châu Âu, Heisenberg đã bí mật tới gặp thầy giáo cũ của mình là Bohr tại Copenhagen. Bản chất thực sự của cuộc gặp gỡ vẫn chìm trong bí ẩn, và nhiều vở kịch đoạt giải đã viết về nó, trong khi các nhà sử học vẫn đang tranh luận về nội dung của nó. Phải chăng Heisenberg đã đề xuất phá hoại chương trình bom nguyên tử của Đức Quốc xã? Hoặc là Heisenberg đã cố gắng mời Bohr chế tạo bom cho Đức Quốc xã? Sáu thập kỷ sau, vào năm 2002, phần lớn bức màn bí ẩn về các ý định của Heisenberg cuối cùng được vén lên, khi gia đình Bohr cho đăng tải bức thư Bohr viết cho Heisenberg trong thập niên 1950 nhưng không được gửi đi. Trong bức thư đó, Bohr nhớ lại lời Heisenberg đã nói tại cuộc gặp đó rằng chiến thắng của Đức Quốc xã là tất yếu. Vì không thấy có ý nói ngăn chặn thế lực bách chiến bách thắng của Đức Quốc xã, nên điều hợp lý duy nhất là Heisenberg đã đề xuất Bohr làm việc cho Đức Quốc xã.*

Bohr đã bàng hoàng và thất kinh. Quá lo sợ, ông không muốn công trình về thuyết lượng tử của mình rơi vào tay Đức Quốc xã. Vì Đan Mạch nằm trong vòng kiểm soát của Đức Quốc xã, nên Bohr đã lập kế hoạch đào thoát bí mật bằng máy bay và ông đã suýt chết ngạt do thiếu ôxy trên chuyến bay tới tự do.

Trong khi đó, tại Đại học Columbia, Enrico Fermi nhận thấy phản ứng dây chuyền hạt nhân là hoàn toàn khả thi. Sau khi khám phá ra điều này, ông đã chăm chú ngắm nhìn thành phố New York và nhận ra rằng một quả bom duy nhất có thể phá hủy toàn bộ các khu nhà chọc trời danh tiếng này trong khoảng tầm nhìn của ông. Còn Wheeler, nhận thức được mức độ rủi ro cao độ này, đã tự nguyện rời bỏ Princeton để đến gặp Fermi và cùng nhau xây dựng lò phản ứng hạt nhân đầu tiên, chính thức mở đầu kỷ nguyên hạt nhân trong tầng hầm của sân vận động Stagg tại Đại học Chicago.

Trong thập kỷ tiếp theo, Wheeler đã chứng kiến một vài trong số những phát triển trọng yếu nhất trong cuộc chiến tranh nguyên tử. Trong chiến tranh, ông đã giúp giám sát việc xây dựng tổ hợp hạt nhân Hanford khổng lồ tại bang Washington, nơi tạo ra plutoni thô cần thiết để chế tạo bom, mà một quả trong số đó sẽ tàn phá Nagasaki. Một vài năm sau, ông tiếp tục phát triển bom nhiệt hạch, rồi chứng kiến quả bom nhiệt hạch đầu tiên phát nổ năm 1952 và sự tàn phá gây ra khi một mẩu của Mặt Trời được giải phóng trên một hòn đảo nhỏ ở Thái Bình Dương(1). Nhưng sau hơn một thập kỷ đứng ở tuyến đầu của lịch sử thế giới, cuối cùng ông lại quay về với tình yêu đầu tiên của mình là những bí ẩn của thuyết lượng tử.

TỔNG CÁC CON ĐƯỜNG

Richard Feynman, một trong số rất nhiều học trò của Wheeler sau chiến tranh, đã tình cờ tìm thấy cách tóm tắt có lẽ là đơn giản nhất nhưng sâu sắc nhất các rắc rối phức tạp của thuyết lượng tử. (Một hệ quả của ý tưởng này đã giúp Feynman đoạt

---

1. Đó là đảo Elugelab, một phần của đảo san hô vòng Enewetak thuộc quần đảo Marshall.

giải Nobel năm 1965.) Giả sử bạn muốn đi ngang qua một căn phòng. Theo Newton, bạn đơn giản chỉ cần đi theo con đường ngắn nhất, từ điểm A tới điểm B, nó được gọi là con đường cổ điển. Nhưng theo Feynman, trước tiên bạn sẽ phải xem xét tất cả các con đường có thể có kết nối các điểm A và B. Điều này cũng tương tự như khi bạn xem xét các con đường đưa bạn tới sao Hỏa, sao Mộc, ngôi sao gần nhất, thậm chí cả các con đường ngược thời gian, trở về tới vụ nổ lớn. Cho dù các con đường này có điên rồ và quái dị đến như mức nào, bạn vẫn phải xem xét chúng. Sau đó, Feynman gán một con số cho mỗi con đường, và tính toán con số này bằng một tổ hợp các quy tắc chính xác. Thật kỳ diệu, bằng cách cộng các con số này từ mọi con đường có thể có, ông tìm thấy xác suất đi từ điểm A tới điểm B được cho bởi cơ học lượng tử chuẩn. Điều này thực sự ấn tượng.

Feynman thấy rằng tổng số của các con đường (rất quái dị và vi phạm các định luật Newton về chuyển động) thường triệt tiêu nhau để cho ra kết quả là một tổng nhỏ. Đây là nguồn gốc của các thăng giáng lượng tử - nghĩa là, chúng tương ứng với các con đường có tổng rất nhỏ. Nhưng ông cũng thấy rằng con đường Newton phù hợp với tri giác thông thường là một con đường không bị triệt tiêu và vì thế có tổng lớn nhất; nó là con đường có xác suất lớn nhất. Vì vậy, ý niệm theo tri giác thông thường của chúng ta về vũ trụ tự nhiên chẳng qua là trạng thái có thể xảy ra nhất trong vô số các trạng thái. Nhưng chúng ta đồng tồn tại với mọi trạng thái có thể có, mà một số trạng thái trong đó đưa chúng ta trở lại thời đại khủng long, tới các sao siêu mới gần nhất và tới các rìa của vũ trụ. (Các con đường quái dị này tạo ra các độ lệch nhỏ khỏi con đường Newton cổ điển, nhưng may mắn là xác suất của chúng rất thấp.)

Nói cách khác, cho dù có vẻ hơi kỳ quặc, mỗi khi bạn đi ngang qua căn phòng, bằng cách nào đó cơ thể của bạn "ngửi thấy" trước mọi con đường có thể có, ngay cả những con đường vươn tới các chuẩn tinh xa xăm và tới vụ nổ lớn, sau đó cộng chúng lại. Sử dụng công cụ toán học mạnh mẽ gọi là các tích phân hàm, Feynman đã chỉ ra rằng con đường Newton chẳng qua chỉ là con đường có khả năng xảy ra nhất, mà không phải là con đường duy nhất. Với nỗ lực toán học phi thường, Feynman đã có thể chứng minh rằng bức tranh này, cho dù nó rất đáng kinh ngạc, hoàn toàn tương đương với cơ học lượng tử thông thường. (Trên thực tế, Feynman đã có thể tạo ra một phép lấy đạo hàm của phương trình sóng Schrödinger nhờ sử dụng cách tiếp cận này.)

Ngày nay, sức mạnh của "tổng các con đường" Feynman là khi trình bày các thuyết thống nhất lớn, lạm phát, thậm chí thuyết dây, chúng ta sử dụng quan điểm "tích phân đường" của Feynman. Phương pháp này hiện nay được giảng dạy trong mọi trường đại học trên thế giới và nó là cách thức rõ ràng và thuận tiện nhất để trình bày thuyết lượng tử.

(Chính tôi cũng thường xuyên sử dụng cách tiếp cận tích phân đường của Feynman trong các nghiên cứu của chính mình. Mỗi phương trình tôi viết ra đều được viết theo các tổng trên mọi đường này. Khi một sinh viên mới tốt nghiệp như tôi lần đầu tiên được nghe quan điểm của Feynman, quan điểm này đã làm thay đổi nhãn quan của tôi về vũ trụ. Về mặt trí óc, tôi hiểu khía cạnh toán học trừu tượng của thuyết lượng tử và thuyết tương đối rộng, nhưng chính ý tưởng tìm ra những con đường dẫn tôi tới sao Hỏa hoặc các ngôi sao xa xăm khi tôi đi ngang qua căn phòng đã thay đổi thế giới quan của tôi. Đột nhiên, tôi mường tượng bản thân mình đang sống trong một thế giới lượng tử. Tôi bắt đầu nhận ra rằng thuyết lượng tử còn xa lạ hơn các hệ quả khó hiểu của thuyết tương đối rất nhiều.)

Khi Feynman phát triển công thức kỳ lạ mới tìm được, Wheeler, lúc này đang ở Đại học Princeton, đã vội vàng chạy tới Viện Nghiên cứu cao cấp thăm Einstein để thuyết phục ông về sự tao nhã và sức mạnh của bức tranh mới này. Wheeler hào hứng giải thích cho Einstein nghe lý thuyết mới về các tích phân đường của Feynman. Wheeler đã không nhận thấy đầy đủ rằng Einstein cảm thấy những điều Wheeler nói là cực kỳ điên rồ. Sau đó, Einstein lắc đầu và nhắc đi nhắc lại rằng ông vẫn không tin Chúa đã chơi súc sắc với thế giới. Einstein thừa nhận với Wheeler rằng ông có thể sai, nhưng đồng thời cũng nhấn mạnh rằng ông có quyền được sai.

BẠN CỦA WIGNER

Phần lớn các nhà vật lý đều nhún vai và giơ hai tay lên trời khi đối đầu với các nghịch lý khó hiểu của cơ học lượng tử. Đối với phần lớn các nhà khoa học thực nghiệm, cơ học lượng tử là một bộ các quy tắc "chế biến" đạt đến các xác suất tốt với độ chuẩn xác lạ kỳ. Như nhà vật lý trở thành tu sĩ, John Polkinghorne đã nói: "Một anh thợ cơ học lượng tử bậc trung cũng không triết lý nhiều hơn một anh thợ cơ khí động cơ bậc trung."*

Tuy nhiên, một số nhà tư tưởng sâu sắc nhất trong vật lý đã đánh vật với các vấn đề này. Chẳng hạn, có một vài cách giải quyết vấn đề con mèo Schrödinger. Cách thứ nhất, được Eugene Wigner (đoạt giải Nobel Vật lý năm 1963) và một số người khác chủ trương là *ý thức quyết định sự tồn tại*. Wigner đã viết rằng: "Không thể trình bày các định luật của cơ học lượng tử theo cách thức nhất quán hoàn toàn nếu không có sự dẫn chiếu tới ý thức [của người quan sát]... Chính sự nghiên cứu về thế giới bên ngoài đã dẫn tới kết luận rằng nội dung của ý thức là thực tại cuối cùng."* Hoặc, như nhà thơ Keats Kohn đã từng viết: "Không có cái gì tồn tại cho đến khi nó được trải nghiệm."*

Nhưng nếu tôi thực hiện một quan sát, điều gì quyết định tôi đang ở trạng thái nào? Nghĩa là phải có một ai đó quan sát tôi để làm sụp đổ hàm sóng của tôi. Người này đôi khi được gọi là người "bạn của Wigner". Nhưng nó cũng có nghĩa là một ai đó nữa phải quan sát bạn của Wigner, và bạn của bạn của Wigner... Liệu có hay không ý thức vũ trụ xác định toàn bộ chuỗi những người bạn này bằng cách quan sát toàn bộ vũ trụ?

Một trong số các nhà vật lý nhất mực tin vào vai trò trung tâm của ý thức là Andrei Linde, một trong số những người lập ra thuyết vũ trụ lạm phát.

> Là con người, tôi thấy rất vô lý nếu tuyên bố rằng vũ trụ vẫn tồn tại dù không có những người quan sát. Vũ trụ và chúng ta luôn cùng nhau. Khi bạn nói rằng vũ trụ tồn tại mà không

> có bất kỳ người quan sát nào, thì tôi không thể hiểu được điều đó. Tôi không thể hình dung nổi một thuyết vạn vật nhất quán mà lại gạt bỏ ý thức. Một thiết bị ghi không thể đóng vai trò của một người quan sát, vì ai sẽ đọc những gì được ghi trên thiết bị này. Để cho chúng ta thấy rằng một điều gì đó xảy ra, và nói với nhau rằng điều gì đó xảy ra, cần có một vũ trụ, một thiết bị ghi, và cần phải có cả chúng ta... Không có người quan sát thì vũ trụ của chúng ta không tồn tại.*

Theo triết lý của Linde, các hóa thạch khủng long không thực sự tồn tại cho tới khi bạn nhìn vào chúng. Nhưng khi bạn nhìn vào chúng, chúng nảy sinh vào trạng thái tồn tại như thể chúng đã tồn tại hàng triệu năm trước. (Các nhà vật lý giữ quan điểm này cẩn trọng chỉ ra rằng bức tranh này về mặt thực nghiệm là nhất quán với một thế giới trong đó các hóa thạch khủng long thực sự hàng triệu năm tuổi.)

(Một số người không muốn đưa phạm trù ý thức vào vật lý thì tuyên bố rằng một máy quay phim có thể thực hiện một sự quan sát đối với một electron, vì thế các hàm sóng có thể sụp đổ mà không phải viện đến ý thức của con người. Nhưng khi đó ai chứng thực là chiếc máy quay phim này tồn tại? Cần đến một máy quay phim khác để "quan sát" máy quay phim đầu tiên và làm sụp đổ hàm sóng của nó. Vậy thì máy quay phim thứ hai là cần thiết để quan sát máy quay phim đầu tiên, và máy quay phim thứ ba để quan sát máy quay phim thứ hai, cho tới vô cùng. Vì thế việc đưa ra các máy quay phim không giải đáp được vấn đề các hàm sóng sụp đổ như thế nào.)

MẤT LIÊN KẾT HỢP PHA

Một cách giải quyết phần nào một vài vấn đề trong số những vấn đề triết lý gai góc này được nhiều nhà vật lý ưa chuộng, được gọi là mất liên kết pha (decoherence). Khái niệm này được Dieter Zeh, nhà vật lý người Đức, trình bày lần đầu tiên năm 1970. Ông nhận thấy rằng trong thế giới thực bạn không thể tách rời con mèo khỏi môi trường sống của nó. Con mèo này không ngừng tiếp xúc với phân tử không khí, chiếc hộp, và thậm chí cả các tia vũ trụ phóng qua thực nghiệm. Các tương tác này, dù chúng nhỏ tới mức nào, cũng ảnh hưởng sâu sắc tới hàm sóng: nếu hàm sóng bị gây nhiễu dù ở mức độ nhỏ nhất, thì nó đột nhiên chia tách thành hai hàm sóng riêng biệt của con mèo chết hoặc con mèo sống, và mất hẳn sự tương tác. Zeh chỉ ra rằng một vụ va chạm với một phân tử không khí duy nhất là đủ để làm sụp đổ hàm sóng của con mèo, áp đặt sự chia tách vĩnh viễn các hàm sóng của con mèo chết và của con mèo sống, làm chúng không còn có thể liên lạc với nhau. Nói cách khác, thậm chí trước khi bạn mở hộp, con mèo đã tiếp xúc với các phân tử không khí và vì thế trạng thái của nó đã là chết hoặc sống rồi.

Zeh đã thực hiện một quan sát then chốt từng bị bỏ qua: vì con mèo ở trạng thái vừa chết vừa sống, hàm sóng của con mèo chết và hàm sóng của mèo sống phải rung động đồng bộ gần như khớp nhau, một trạng thái được gọi là liên kết pha (coherence). Nhưng về mặt thực nghiệm, điều này gần như là không thể. Việc tạo ra các vật thể liên kết pha rung động đồng nhịp trong phòng thí nghiệm là nhiệm vụ cực kỳ khó khăn. (Thực tiễn cho thấy, rất khó để ngay cả một dúm nguyên tử rung động đồng bộ (liên kết pha) vì có sự giao thoa từ thế giới bên ngoài.) Trong thế giới thực, các vật thể luôn tương tác với môi trường, và tương tác nhỏ nhất với thế giới bên ngoài có thể gây nhiễu cho cả hai hàm sóng, nên khi đó chúng bắt đầu "mất liên kết pha"- nghĩa là chúng mất đồng bộ và tách riêng. Zeh đã chỉ ra rằng, một khi hai hàm sóng không còn rung động đồng pha với nhau thì chúng không còn tương tác với nhau nữa.

ĐA THẾ GIỚI

Thoạt nhìn, mất liên kết pha nghe có vẻ thỏa đáng, vì hàm sóng bây giờ sụp đổ không thông qua ý thức mà là do tương tác ngẫu nhiên với thế giới bên ngoài. Nhưng điều này vẫn chưa giải quyết được câu hỏi nền tảng vẫn làm Einstein băn khoăn: Tự nhiên "chọn" trạng thái nào để sụp đổ vào đó và chọn như thế nào? Khi một phân tử không khí va vào con mèo, ai hay cái gì quyết định trạng thái cuối cùng của con mèo? Về câu hỏi này, thuyết mất liên kết pha chỉ phát biểu đơn thuần rằng hai hàm sóng chia tách và không còn tương tác với nhau nữa, nhưng nó không trả lời cho câu hỏi ban đầu: con mèo là chết hay sống? Nói cách khác, mất liên kết pha loại bỏ ý thức ra khỏi cơ học lượng tử, nhưng nó không giải quyết được câu hỏi then chốt từng làm Einstein bối rối: Tự nhiên "chọn" trạng thái cuối cùng của con mèo như thế nào? Về câu hỏi này, thuyết mất liên kết pha không hề đề cập đến.

Tuy nhiên, hiện nay sự mở rộng tự nhiên của thuyết mất liên kết pha đã có thể làm sáng tỏ câu hỏi này và được đông đảo các nhà vật lý chấp nhận. Cách tiếp cận thứ hai này được một học trò khác của Wheeler là Hugh Everett III khai phá. Everett đã thảo luận về khả năng con mèo có thể tồn tại đồng thời ở hai trạng thái chết và sống, nhưng trong hai vũ trụ khác nhau. Khi Everett hoàn tất luận án tiến sĩ năm 1957, nó không được mấy ai chú ý. Tuy nhiên, theo thời gian, mối quan tâm tới cách diễn giải "đa thế giới" đã bắt đầu gia tăng. Hiện nay, nó đã tạo ra một cao trào quan tâm trở lại đến các nghịch lý của thuyết lượng tử.

Trong diễn giải mới rất triệt để này, con mèo tồn tại đồng thời ở hai trạng thái chết và sống vì vũ trụ đã chia làm hai. Trong một vũ trụ, con mèo đã chết; còn trong vũ trụ kia, con mèo vẫn sống. Trên thực tế, tại mỗi mối nối lượng tử, vũ trụ chia làm đôi, thành một chuỗi các vũ trụ phân chia không dứt. Trong kịch bản này tất cả các vũ trụ đều có thể có, mỗi vũ trụ đều là thật như các vũ trụ khác. Con người sống trong mỗi vũ trụ ấy có thể mạnh mẽ phản đối rằng chỉ có vũ trụ *của họ* là hiện hữu, còn tất cả các vũ trụ khác chỉ là tưởng tượng hay giả tạo. Các vũ trụ song song này không phải là các thế giới yêu ma với sự tồn tại phù du, mà trong mỗi vũ trụ, các vật thể rắn và các sự kiện cụ thể cũng có thật và tồn tại khách quan như trong bất kỳ vũ trụ nào khác.

Ưu điểm của diễn giải này là chúng ta có thể bỏ qua điều kiện thứ ba về sự sụp đổ của hàm sóng. Các hàm sóng không bao giờ sụp đổ, chúng tiếp tục phát triển và liên tục chia tách thành các hàm sóng khác, giống như một cái cây phát triển vô hạn, với mỗi cành tượng trưng cho toàn bộ một vũ trụ. Ưu thế lớn của thuyết đa thế giới là nó đơn giản hơn diễn giải Copenhagen: nó không đòi hỏi hàm sóng sụp đổ. Đổi lại chúng ta phải chấp nhận rằng các vũ trụ liên tục chia tách ra thành hàng triệu nhánh. (Một số người cảm thấy khó hiểu làm thế nào để theo dõi tất cả các vũ trụ đang sinh sôi nhanh chóng này. Tuy nhiên, phương trình sóng Schrödinger tự động làm điều này rồi. Chỉ cần lần theo sự phát triển của phương trình sóng, lập tức ta có thể tìm thấy tất cả các nhánh đông đúc của sóng này.)

Nếu diễn giải này là chính xác, thì vào chính lúc này cơ thể bạn đang cùng tồn tại với các hàm sóng của những con khủng long đang tham gia vào trận chiến sinh tử. Cùng tồn tại trong căn phòng của bạn là hàm sóng của một thế giới nơi mà người Đức đã chiến thắng trong Thế chiến thứ hai, hay nơi người ngoài hành tinh đang tung hoành, hoặc ở một nơi mà bạn không bao giờ được sinh ra. Các thế giới trong *The Man in the High Castle* và *Twilight Zone* nằm trong vô số các vũ trụ đang hiện hữu trong phòng khách của bạn. Vấn đề là chúng ta không còn có thể tương tác với họ, vì họ đã mất liên kết pha với chúng ta.

Alan Guth đã nói: "Có một vũ trụ nơi Elvis(1) vẫn còn sống."* Nhà vật lý Frank Wilczek đã viết: "Chúng ta bị ám ảnh bởi nhận thức rằng có vô số các bản sao hơi khác của chính chúng ta đang sống trong các thế giới song song và mỗi phút giây trôi qua lại có thêm nhiều bản sao ra đời và nắm lấy nhiều tương lai khác của chúng ta."* Ông lưu ý rằng lịch sử của nền văn minh Hy Lạp, hay của thế giới phương Tây, có thể đã khác đi nếu nàng Helen thành Troy không có vẻ đẹp nghiêng nước nghiêng thành, mà thay vào đó trên mũi nàng mọc ra một mụn cơm xấu xí. "Thế đấy, các mụn cơm có thể mọc lên do đột biến trong các tế bào riêng lẻ, thường là do được kích hoạt bởi sự tiếp xúc với các tia cực tím của mặt trời." Ông viết tiếp: "Nói tóm lại: có nhiều, rất nhiều thế giới, nơi nàng Helen thành Troy *đã* có một mụn cơm trên chóp mũi."

Tôi nhớ lại một đoạn trong tác phẩm khoa học giả tưởng kinh điển của Olaf Stapledon, *Star Maker* (Đấng tạo Sao): "Bất cứ khi nào một sinh vật phải đứng trước vài lựa chọn hành động, nó thử nghiệm tất cả những lựa chọn ấy, do đó tạo ra nhiều... lịch sử khác biệt của vũ trụ. Vì trong mỗi trình tự tiến hóa của vũ trụ có rất nhiều sinh vật và mỗi sinh vật luôn phải đối mặt với nhiều lựa chọn phát triển khác nhau, và các kết hợp của tất cả các hướng phát triển của chúng là vô tận, nên vô số các vũ trụ khác biệt đã xuất hiện từ mỗi thời điểm của mỗi trình tự thời gian."*

---

(1) Elvis Presley (1935-1977): ca sĩ, diễn viên người Mỹ, vua nhạc rock and roll.

Chúng ta thực sự choáng váng khi nhận ra rằng, theo cách diễn giải này của cơ học lượng tử thì mọi thế giới có thể cùng song song tồn tại với chúng ta. Mặc dù các lỗ giun là phương tiện cần thiết để tiếp cận với các thế giới thay thế như vậy, các thực tại lượng tử này vẫn tồn tại ngay trong mỗi căn phòng chúng ta đang sống. Chúng cùng tồn tại với chúng ta ở bất cứ nơi nào chúng ta đi. Câu hỏi then chốt là: nếu điều này là đúng, tại sao chúng ta không nhìn thấy các vũ trụ thay thế này đang tràn ngập phòng khách của chúng ta? Đó là do sự mất liên kết pha: hàm sóng của chúng ta đã mất liên kết pha với các thế giới này (nghĩa là các sóng không còn đồng bộ về pha với nhau). Chúng ta không liên lạc với họ được nữa. Điều này có nghĩa rằng ngay cả sự ô nhiễm môi trường nhỏ nhất cũng sẽ ngăn cản sự tương tác giữa các hàm sóng khác nhau. (Trong chương mười một, tôi sẽ đề cập tới ngoại lệ có thể có đối với quy tắc này, trong đó các sinh vật có trí tuệ có thể du hành giữa các thực tại lượng tử.)

Liệu điều này có quá kỳ lạ để có thể xảy ra hay không? Người đoạt giải Nobel, Steven Weinberg đã ví thuyết đa vũ trụ này với sóng vô tuyến. Ở xung quanh chúng ta có hàng trăm sóng vô tuyến khác nhau đang được phát đi từ các trạm phát sóng rất xa xôi nào đó. Bất kỳ lúc nào, ở văn phòng, trong ô tô hoặc trong phòng khách của bạn cũng đầy ắp các sóng vô tuyến này. Tuy nhiên, nếu bạn mở máy thu, bạn chỉ có thể nghe một tần số tại một thời điểm; các tần số khác đã mất liên kết pha và không còn đồng pha với nhau. Mỗi trạm phát sóng có một năng lượng khác nhau và một tần số khác nhau. Kết quả là máy thu của bạn chỉ có thể thu được một chương trình phát sóng tại một thời điểm.

Tương tự như vậy, trong vũ trụ của chúng ta, chúng ta được "điều hưởng" vào tần số tương ứng với thực tại vật lý. Nhưng có một lượng vô hạn các thực tại song song cùng tồn tại với chúng ta trong cùng một căn phòng, mặc dù chúng ta không thể "bắt" được chúng. Mặc dù các thế giới này rất giống nhau, nhưng mỗi thế giới có một năng lượng khác nhau. Và vì mỗi thế giới bao gồm hàng tỉ tỉ các nguyên tử, nên sự khác biệt năng lượng có thể rất lớn. Vì tần số của các sóng này tỉ lệ thuận với năng lượng của chúng (theo định luật Planck), nên các sóng của mỗi thế giới dao động ở những tần số khác nhau và không thể tương tác với nhau được nữa. Bất chấp mọi ý định và mục đích, các sóng của các thế giới khác nhau này không tương tác hoặc không ảnh hưởng tới nhau.

Thật đáng ngạc nhiên, sau khi chấp nhận quan điểm kỳ lạ này các nhà khoa học có thể rút ra tất cả các kết quả của cách tiếp cận Copenhagen mà không hề phải làm sụp đổ hàm sóng. Nói cách khác, sử dụng diễn giải Copenhagen hay diễn giải đa thế giới đối với các thực nghiệm đều cho ra các kết quả thực nghiệm giống hệt nhau. Thuyết hàm sóng sụp đổ của Bohr về mặt toán học là tương đương với tác động của môi trường. Nói cách khác, con mèo của Schrödinger có thể chết và sống cùng một lúc, nếu bằng cách nào đó chúng ta có thể cô lập con mèo khỏi các tác động có thể có từ mọi nguyên tử hay mọi tia vũ trụ. Tất nhiên, điều này không thể tồn tại trên thực tế. Một khi con mèo tiếp xúc với một tia vũ trụ, các hàm sóng của con mèo chết và của con mèo sống mất liên kết pha, thế là nó xuất hiện như thể hàm sóng đã sụp đổ.

NÓ TỪ BIT(1)

Với mối quan tâm lại nổi lên về vấn đề đo đạc trong thuyết lượng tử, Wheeler đã trở thành cây đa cây đề trong lĩnh vực vật lý lượng tử và đến dự nhiều cuộc hội họp vinh danh ông. Ông thậm chí còn được những người cổ súy phong trào Thời

---

1. Nguyên văn: "It from bit", chơi chữ trong tiếng Anh.

đại Mới[1], bị mê hoặc bởi vấn đề ý thức trong vật lý, tung hô ông như một đạo sư. (Tuy nhiên, không phải bao giờ ông cũng hài lòng với những cuộc hội họp như vậy. Một lần, ông đã đau buồn khi thấy mình xuất hiện trong cùng một chương trình với ba nhà cận tâm lý học. Ông đã nhanh chóng phát biểu, trong đó có câu: "Ở đâu có khói, thì ở đó có khói"(2).)*

Sau bảy mươi năm nghiền ngẫm các nghịch lý của thuyết lượng tử, Wheeler là người đầu tiên thừa nhận rằng ông không có mọi câu trả lời. Ông vẫn luôn nghi ngờ các giả định của chính mình. Khi được hỏi về vấn đề đo đạc trong cơ học lượng tử, ông nói: "Tôi vừa mới phát điên lên vì câu hỏi đó. Tôi thú nhận rằng đôi khi tôi coi ý tưởng cho rằng thế giới là sản phẩm của trí tưởng tượng là nghiêm túc 100%, nhưng có lúc, tôi lại nghĩ thế giới tồn tại khách quan ở đó, không phụ thuộc vào chúng ta. Tuy nhiên, tôi hoàn toàn tán thành phát biểu của Leibniz: 'Thế giới này có thể là một ảo ảnh và sự tồn tại có thể chỉ là một giấc mơ, nhưng giấc mơ hoặc ảo ảnh này đối với tôi là đủ thực để nếu sử dụng tốt lý trí thì chúng ta không bao giờ bị nó đánh lừa.' "*

Ngày nay, thuyết đa thế giới/mất liên kết pha đang nhận được sự đồng thuận rộng rãi trong giới các nhà vật lý. Nhưng Wheeler vẫn băn khoăn vì nó đòi hỏi "quá nhiều hành trang dư thừa". Ông vẫn đang loay hoay với một diễn giải khác về vấn đề con mèo của Schrödinger. Ông gọi thuyết của mình là "Nó từ bit". Nó là một thuyết không chính thống, bắt đầu với giả định rằng thông tin là nguồn gốc của mọi sự tồn tại. Ông tuyên bố, khi chúng ta nhìn vào Mặt Trăng, một thiên hà hay một nguyên tử, bản chất của chúng chính là thông tin lưu trữ trong chúng. Nhưng thông tin này đột ngột tồn tại khi vũ trụ quan sát chính nó. Ông vẽ ra một biểu đồ tròn, tượng trưng cho lịch sử vũ trụ.

---

1. New Age: phong trào chối bỏ những giá trị phương Tây hiện đại và chấp nhận tư tưởng văn hóa phương Đông, trong đó có tâm linh, thuyết huyền bí, v.v. diễn ra vào thập niên 1970.

2. Nhại lại thành ngữ "Ở đâu có khói, thì ở đó có lửa" (Where there's smoke there's smoke), ý nói nếu cái gì đó có vẻ (có dấu hiệu) vớ vẩn, thì nó vớ vẩn thật.

Vào lúc bắt đầu, vũ trụ nảy sinh vào trạng thái tồn tại vì nó đã được quan sát. Điều này có nghĩa là "nó" (tức vật chất trong vũ trụ) nảy sinh vào trạng thái tồn tại khi thông tin ("bit") của vũ trụ đã được quan sát. Ông gọi điều này là "vũ trụ can dự" - một ý tưởng cho rằng vũ trụ thích ứng với chúng ta theo cùng cách mà chúng ta thích ứng với vũ trụ, rằng chính sự hiện diện của chúng ta làm cho vũ trụ hiện hữu. (Vì không có sự đồng thuận chung về vấn đề đo đạc trong cơ học lượng tử, nên phần lớn các nhà vật lý giữ thái độ chờ xem đối với thuyết "Nó từ bit".)

TÍNH TOÁN LƯỢNG TỬ VÀ VIỄN TẢI

Những cuộc thảo luận triết lý như vậy dường như phi thực tế đến cùng cực và không có bất kỳ ứng dụng nào trong thế giới của chúng ta. Thay vì tranh luận có bao nhiêu thiên thần có thể nhảy múa trên đầu một cái đinh ghim, các nhà vật lý lượng tử lại tranh luận có bao nhiêu chỗ một electron có thể ở cùng một lúc.

Tuy nhiên, các cuộc thảo luận này không phải là những chiêm nghiệm rỗi hơi của các học giả tháp ngà. Một ngày nào đó họ có thể có được ứng dụng thực tế nhất trong tất thảy: dẫn dắt các nền kinh tế thế giới. Một ngày nào đó, sự giàu có của một quốc gia có thể phụ thuộc vào những chi tiết tinh tế của con mèo Schrödinger. Vào lúc đó, có lẽ các máy tính của chúng ta sẽ tính toán trong các vũ trụ song song. Gần như tất cả cơ sở hạ tầng máy tính của chúng ta ngày nay dựa trên các tranzito (bóng bán dẫn) silic. Định luật Moore, phát biểu rằng năng lực máy tính nhân đôi sau mỗi mười tám tháng, hoàn toàn khả thi vì chúng ta có thể cấy ghép các tranzito ngày càng nhỏ hơn vào các chip silic thông qua chùm tia bức xạ cực tím. Mặc dù định luật Moore đã cách mạng hóa thế giới công nghệ, nó không thể tiếp tục mãi mãi. Các chip Pentium tiên tiến nhất có một lớp mà kích thước chỉ cỡ hai mươi nguyên tử. Trong vòng 15 tới 20 năm nữa, các nhà khoa học có thể tính toán trên các lớp mà kích thước có lẽ vẻn vẹn năm nguyên tử. Tại các khoảng cách nhỏ đến mức khó tin này, chúng ta phải từ bỏ cơ học Newton và chấp nhận cơ học lượng tử, mà ở đó nguyên lý bất định Heisenberg ngự trị.

Kết quả là chúng ta không còn biết chính xác electron ở nơi nào. Điều này có nghĩa là các hiện tượng đoản mạch sẽ diễn ra khi các electron trôi dạt ra ngoài các lớp cách điện và các chất bán dẫn thay vì ở trong chúng.

Trong tương lai, chúng ta sẽ đạt tới các giới hạn của việc khắc axit trên các tấm silic. Thời đại silic sẽ nhanh chóng khép lại. Có lẽ nó sẽ báo hiệu kỷ nguyên lượng tử. Thung lũng Silicon có thể trở thành một Vành đai Gỉ sắt. Một ngày nào đó chúng ta có thể bị buộc phải tính toán trên chính các nguyên tử, du nhập một cấu trúc mới cho sự tính toán. Các máy tính ngày nay dựa trên hệ thống nhị phân thông qua một chuỗi các số 0 và 1. Tuy nhiên, spin của các nguyên tử có thể đồng thời trỏ lên, trỏ xuống hoặc sang bên. Các bit máy tính (các số 0 và 1) có thể được thay thế bằng các "qubit" (bất cứ thứ gì giữa 0 và 1), làm cho tính toán lượng tử mạnh hơn nhiều so với các máy tính thông thường.

Chẳng hạn, một máy tính lượng tử có thể làm lung lay nền móng của hệ thống bảo mật quốc tế. Ngày nay, các ngân hàng lớn, các tập đoàn đa quốc gia và các nước công nghiệp mã hóa các bí mật của họ bằng các thuật toán máy tính rất phức tạp. Nhiều mã số bí mật dựa trên việc phân tích các số khổng lồ thành các thừa số. Chẳng hạn, một máy tính thông thường sẽ phải mất hàng thế kỷ để phân tích thành các thừa số một số chứa một trăm chữ số. Nhưng một máy tính lượng tử có thể dễ dàng thực hiện các tính toán như vậy; do đó chúng có thể giải các mật mã của các quốc gia trên thế giới.

Để xem một máy tính lượng tử sẽ làm việc như thế nào, hãy giả sử rằng chúng ta sắp hàng một loạt các nguyên tử, với các spin của chúng trỏ về một hướng trong một từ trường. Sau đó chúng ta chiếu một tia laser vào chúng, thế là nhiều spin đảo chiều khi tia laser phản xạ khỏi các nguyên tử. Bằng cách đo ánh sáng laser phản xạ, chúng ta đã ghi lại một phép toán phức tạp: sự tán xạ ánh sáng ra khỏi các nguyên tử. Theo Feynman, nếu tính toán quá trình này bằng cách sử dụng thuyết lượng tử, chúng ta phải cộng với nhau mọi vị trí có thể có của các nguyên tử đang quay trong mọi hướng. Ngay cả một phép tính lượng tử đơn giản, có thể chỉ chiếm một phần rất nhỏ của giây, sẽ gần như không thể thực hiện được trên một máy tính chuẩn thông thường, dù có mất bao nhiêu thời gian đi nữa.

Về nguyên tắc, David Deutch từ Đại học Oxford đã nhấn mạnh rằng điều này có nghĩa là khi chúng ta sử dụng các máy tính lượng tử, chúng ta cần phải lấy tổng trên mọi vũ trụ song song có thể. Mặc dù chúng ta không thể trực tiếp tiếp xúc với các vũ trụ này, một máy tính lượng tử có thể tính toán chúng bằng cách sử dụng các trạng thái spin đang tồn tại trong các vũ trụ song song. (Trong khi chúng ta không còn liên kết pha với các vũ trụ khác trong phòng khách của mình, thì do cấu trúc, các nguyên tử trong máy tính lượng tử vẫn rung động liên kết pha đồng nhịp với chúng.)

Mặc dù tiềm năng của các máy tính lượng tử là thực sự đáng kinh ngạc, nhưng trong thực tế, nó cũng làm nảy sinh vấn đề to lớn không kém. Hiện tại, kỷ lục thế giới về số lượng nguyên tử được sử dụng trong một máy tính lượng tử là bảy. Cùng lắm, chúng ta cũng chỉ có thể nhân ba với năm để có mười lăm nguyên tử trên một máy tính lượng tử, một điều chẳng mấy ấn tượng. Để một máy tính lượng tử cạnh tranh được với thậm chí chỉ một máy tính xách tay thông thường, chúng ta sẽ cần hàng trăm, có lẽ là hàng triệu nguyên tử rung động liên kết pha. Vì thậm chí chỉ cần va chạm với một phân tử không khí duy nhất cũng có thể làm cho các nguyên tử mất liên kết pha, người ta sẽ phải có các điều kiện sạch sẽ khác thường để cô lập các nguyên tử thử nghiệm với môi trường. (Để xây dựng một máy tính lượng tử có thể vượt tốc độ của các máy tính hiện đại sẽ đòi hỏi hàng nghìn tới hàng triệu nguyên tử, vì thế máy tính lượng tử vẫn còn là chuyện sau nhiều thập kỷ nữa.)

VIÊN TẢI LUỢNG TỬ

Cuối cùng thảo luận dường như vô nghĩa của giới vật lý về các vũ trụ lượng tử song song cũng có thể đưa ra một ứng dụng thực tế khác: viễn tải lượng tử (teleportation). "Tàu vận tải" được sử dụng trong *Star Trek* (Du hành tới các vì sao) và các chương trình khoa học giả tưởng khác để vận chuyển con người và thiết bị trong không gian dường như là cách thức tuyệt diệu để bay vụt qua các khoảng cách rộng lớn. Tuy nhiên, cho dù có vẻ như trêu ngươi, ý tưởng viễn tải đã gây bối rối cho các nhà vật lý vì nó dường như vi phạm nguyên lý bất định. Bằng cách thực hiện một phép đo trên một nguyên tử, bạn làm xáo trộn trạng thái của nguyên tử này, nên không thể tạo ra được một bản sao chính xác.

Nhưng các nhà khoa học đã tìm thấy một lỗ hổng trong luận cứ này vào năm 1993, thông qua cái gọi là dính líu lượng tử. Điều này dựa trên một thử nghiệm cũ do Einstein và các đồng nghiệp của ông là Boris Podolsky và Nathan Rosen đề xuất vào năm 1935 (gọi là thử nghiệm hay nghịch lý EPR, lấy theo chữ cái đầu trong họ của ba người) để chỉ ra thuyết lượng tử thực sự điên rồ như thế nào. Giả sử rằng có một vụ nổ, và hai electron bay tách rời nhau theo hai hướng đối nghịch, di chuyển gần tốc độ ánh sáng. Vì các electron có thể xoáy tít, với giả định rằng spin của chúng có tương hợp - nghĩa là, nếu một electron có trục quay của nó trỏ lên, thì electron kia trỏ xuống (sao cho tổng spin bằng 0). Tuy nhiên, trước khi chúng ta thực hiện một phép đo, chúng ta không biết mỗi electron đang quay theo hướng nào.

Bây giờ chúng ta hãy chờ vài năm. Khi đó, hai electron đã cách xa nhau nhiều năm ánh sáng. Nếu bây giờ chúng ta thực hiện một phép đo spin của một electron và thấy rằng trục quay của nó hướng lên, thì chúng ta ngay lập tức biết rằng electron kia là quay xuống (và ngược lại). Trên thực tế, một electron được tìm thấy đang quay lên sẽ *buộc* electron kia phải quay xuống. Điều này nghĩa là bây giờ chúng ta ngay lập tức biết điều gì đó về một electron cách xa nhiều năm ánh sáng (thông tin dường như đã di chuyển nhanh hơn tốc độ ánh sáng, rõ ràng vi phạm thuyết tương đối hẹp của Einstein). Qua lý luận tinh tế, Einstein có thể chỉ ra rằng, bằng cách thực hiện các phép đo liên tiếp trên một cặp, người ta có thể vi phạm nguyên lý bất định. Quan trọng hơn, ông đã chỉ ra rằng cơ học lượng tử kỳ lạ nhiều hơn so với suy nghĩ có thể có của bất kỳ ai trước đây.

Cho tới khi đó, các nhà vật lý vẫn tin rằng vũ trụ là cục bộ, rằng các nhiễu loạn trong một phần của vũ trụ chỉ lây lan cục bộ từ nguồn. Einstein đã chỉ ra rằng cơ học lượng tử về bản chất là *không cục bộ* - các nhiễu loạn từ một nguồn có thể ngay lập tức ảnh hưởng tới các bộ phận xa xôi của vũ trụ. Einstein gọi nó là một "tác động ma quỷ từ xa" và ông cho đó là hết sức phi lý. Như vậy, Einstein nghĩ, thuyết lượng tử phải sai.

(Các nhà phê bình cơ học lượng tử có thể giải quyết được nghịch lý Einstein-Podolsky-Rosen bằng cách giả định rằng, nếu các công cụ của chúng ta đủ nhạy, chúng thực sự có thể xác định cách mà các electron đang quay. Sự bất định biểu kiến trong spin và vị trí của một electron là điều không thực, do thực tế rằng các công cụ của chúng ta còn quá thô sơ. Họ đã đưa ra khái niệm gọi là các biến số ẩn - nghĩa là, phải có một thuyết hạ lượng tử ẩn, trong đó hoàn toàn không có sự bất định, dựa trên các biến số mới gọi là các biến số ẩn.)

Thử thách thắng thua đã tăng lên rất nhiều vào năm 1964, khi nhà vật lý John Bell đưa nghịch lý EPR và các biến số ẩn vào một cuộc kiểm nghiệm khắc nghiệt. Ông đã chỉ ra rằng nếu người ta thực hiện thử nghiệm EPR, sẽ có sự tương quan về trị số giữa các spin của hai electron, phụ thuộc vào việc thuyết nào được người ta sử dụng. Nếu thuyết biến số ẩn là đúng, như những người hoài nghi thuyết lượng tử đã tin, thì các spin sẽ tương quan theo một cách. Còn nếu cơ học lượng tử là đúng, thì các spin sẽ tương quan theo cách khác. Tóm lại, cơ học lượng tử (nền tảng của toàn bộ vật lý nguyên tử hiện đại) có thể thịnh hay suy chỉ trên cơ sở của một thử nghiệm duy nhất.

Nhưng các thử nghiệm đã chứng minh một cách thuyết phục là Einstein sai. Đầu thập niên 1980, Alan Aspect và các đồng nghiệp tại Pháp đã thực hiện thử nghiệm EPR với hai máy dò cách nhau 13 m để đo các spin của các photon phát ra từ các nguyên tử canxi. Năm 1997, thử nghiệm EPR được thực hiện với các máy dò cách nhau 11 km. Lần nào thuyết lượng tử cũng đều thắng. Một dạng thức nào đó của nhận biết thông tin *quả thật* đã di chuyển nhanh hơn ánh sáng. (Mặc dù Einstein đã sai về thử nghiệm EPR, ông đã đúng với câu hỏi bao quát hơn về hiện tượng liên lạc nhanh hơn ánh sáng. Thử nghiệm EPR, mặc dù cho phép bạn biết điều gì đó ngay lập tức về phía đầu kia của thiên hà, nhưng không cho phép bạn gửi một thông điệp theo cách này. Chẳng hạn, bạn không thể gửi mã Morse. Trên thực tế, một "máy phát EPR" sẽ chỉ gửi các tín hiệu ngẫu nhiên, vì các spin bạn đo là ngẫu nhiên ở mỗi lần đo đạc. Thử nghiệm EPR cho phép thu được thông tin về phía đầu kia của thiên hà, nhưng nó không cho phép bạn truyền tải thông tin hữu ích - nghĩa là, không phải thông tin ngẫu nhiên.)

Bell thích miêu tả hiệu ứng này bằng cách lấy nhà toán học Bertelsman làm ví dụ. Ông này có thói quen kỳ lạ là mỗi ngày đi một chiếc tất xanh lục ở một chân và một chiếc tất xanh lam ở chân kia, theo trật tự ngẫu nhiên. Nếu một ngày bạn nhận thấy rằng ông ấy đi chiếc tất xanh lam ở chân trái, thì bây giờ bạn biết, nhanh hơn ánh sáng, rằng chiếc tất kia màu xanh lục. Nhưng việc biết điều đó không cho phép bạn truyền thông tin theo cách này. Việc phát hiện thông tin khác với việc gửi nó đi. Thử nghiệm EPR không có nghĩa là chúng ta có thể truyền thông tin thông qua thần giao cách cảm, du hành nhanh hơn ánh sáng, hoặc du hành trong thời gian. Nhưng nó có nghĩa rằng không thể chia tách hoàn toàn bản thân chúng ta ra khỏi tính chất tổng thể của vũ trụ.

Nó buộc chúng ta duy trì một quan niệm khác về vũ trụ của chúng ta. Có một sự "dính líu" vũ trụ giữa mọi nguyên tử trong cơ thể chúng ta và các nguyên tử ở cách xa nhiều năm ánh sáng. Vì tất cả vật chất sinh ra từ một vụ nổ duy nhất, là vụ nổ lớn, nên theo nghĩa nào đó thì các nguyên tử trong cơ thể chúng ta được kết nối với một vài nguyên tử nào đó ở phía bên kia của vũ trụ bằng một kiểu mạng lưới lượng tử vũ trụ nào đó. Các hạt bị dính líu có phần nào giống các cặp song sinh vẫn còn được nối liền bằng một sợi dây rốn (hàm sóng của chúng) có thể cách nhau nhiều năm ánh sáng. Những gì xảy ra với một thành viên tự động ảnh hưởng đến thành viên kia, và vì thế sự biết liên quan đến một hạt có thể ngay lập tức tiết lộ sự biết về thành viên cặp đôi của nó. Các cặp dính líu hoạt động như thể chúng là một vật thể duy nhất, mặc dù chúng có thể ở vị trí rất xa nhau. (Chính xác hơn, vì các hàm sóng của các hạt trong vụ nổ lớn một thời đã từng kết nối và liên kết pha với nhau, nên các hàm sóng của chúng có thể vẫn được kết nối phần nào sau hàng tỉ năm kể từ vụ nổ lớn, do đó các nhiễu loạn trong phần này của hàm sóng có thể ảnh hưởng tới phần xa xăm khác của hàm sóng.)

Năm 1993, các nhà khoa học đã đề xuất sử dụng khái niệm dính líu EPR để cung cấp một cơ chế cho viễn tải lượng tử. Năm 1997 và 1998, các nhà khoa học tại Cal Tech, Đại học Aarhus ở Đan Mạch và Đại học Wales đã thực hiện thử nghiệm viễn tải lượng tử đầu tiên khi viễn tải một photon duy nhất ngang qua mặt bàn. Samuel Braunstein từ Đại học Wales, một thành viên trong nhóm này, đã so sánh các cặp dính líu với các đôi tình nhân - "những người biết nhau quá rõ tới mức họ có thể trả lời thay cho tình nhân của mình ngay cả khi cách xa nhau ngàn dặm."*

(Các thử nghiệm viễn tải lượng tử cần có ba vật thể, được gọi là A, B và C. Giả sử B và C là cặp "song sinh" dính líu. Mặc dù B và C có thể bị ngăn cách bằng một khoảng cách lớn, chúng vẫn còn dính líu với nhau. Bây giờ hãy cho B tiếp xúc với A, là vật thể cần được viễn tải. B sẽ "quét" A, thế là thông tin chứa trong A được chuyển cho B. Thông tin này sau đó được tự động chuyển tới C. Như thế, C sẽ trở thành một bản sao chính xác của A.)

Tiến bộ trong viễn tải lượng tử đang chuyển biến nhanh chóng. Năm 2003, các nhà khoa học tại Đại học Geneva ở Thụy Sĩ đã có thể viễn tải các photon ở khoảng cách 1,2 dặm (gần 2 km) thông qua cáp quang. Các photon ánh sáng (ở bước sóng 1,3 mm) trong một phòng thí nghiệm đã được viễn tải thành các photon ánh sáng có bước sóng khác (1,55 mm) trong một phòng thí nghiệm khác được kết nối bằng sợi cáp quang dài này. Nhà vật lý Nicolas Gisin tham gia dự án này đã nói: "Có thể, các vật thể lớn cỡ một phân tử sẽ được viễn tải khi tôi còn sống, nhưng các vật thể thực sự lớn thì không thể viễn tải bằng cách sử dụng các công nghệ được dự đoán hiện nay."*

Một đột phá quan trọng khác đã được thực hiện năm 2004, khi các nhà khoa học tại Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia Hoa Kỳ (NIST) đã viễn tải không chỉ một lượng tử ánh sáng, mà hẳn một nguyên tử. Họ đã làm dính líu thành công ba nguyên tử berili và có thể chuyển các đặc trưng của một nguyên tử cho nguyên tử khác, đây quả là một thành tựu lớn.

Các ứng dụng thực tế của viễn tải lượng tử có tiềm năng vô cùng lớn. Tuy nhiên, người ta có thể chỉ ra rằng viễn tải lượng tử vẫn còn gặp phải vài trở ngại thực tế. Thứ nhất, vật thể ban đầu bị phá hủy trong quá trình này, do đó bạn không thể tạo ra các bản sao giống hệt của vật thể đang được viễn tải. Chỉ có thể có một bản sao giống hệt. Thứ hai, bạn không thể viễn tải một vật thể nhanh hơn ánh sáng. Thuyết tương đối vẫn đứng vững, thậm chí đối với cả viễn tải lượng tử. (Để viễn tải vật thể A vào vật thể C, bạn vẫn cần phải có vật thể B trung gian kết nối hai vật thể, do đó thông tin truyền đi chậm hơn tốc độ ánh sáng.) Thứ ba, có lẽ hạn chế quan trọng nhất đối với viễn tải lượng tử cũng chính là hạn chế mà tính toán lượng tử đang đối mặt: các vật thể được đề cập phải có liên kết pha với nhau. Sự ô nhiễm nhỏ nhất của môi trường sẽ phá hủy viễn tải lượng tử. Nhưng trong thế kỷ 21, chúng ta tin tưởng rằng virus đầu tiên có lẽ sẽ được viễn tải.

Việc viễn tải một con người có thể làm nảy sinh các vấn đề khác. Braunstein nhận xét: "Điều then chốt bây giờ là lượng thông tin được chuyển tải quá ít ỏi. Ngay cả với các kênh liên lạc tốt nhất mà chúng ta có thể tưởng tượng ra vào lúc này, việc chuyển tải tất cả các thông tin đó cũng sẽ mất quãng thời gian bằng tận tuổi của vũ trụ."*

HÀM SÓNG CỦA VŨ TRỤ

Nhưng có lẽ sự nhận thức tối hậu về thuyết lượng tử có thể đến khi chúng ta áp dụng cơ học lượng tử không chỉ với các photon riêng lẻ mà với toàn thể vũ trụ. Stephen Hawking đã hài hước nói rằng hễ khi nào nghe thấy nói đến vấn đề con mèo là ông lại vớ lấy khẩu súng. Ông đã đề xuất giải pháp cho vấn đề này: có một hàm sóng của toàn thể vũ trụ. Nếu toàn thể vũ trụ là một phần của hàm sóng, thì không còn cần đến một người quan sát nữa (người phải tồn tại bên ngoài vũ trụ).

Trong thuyết lượng tử, mỗi hạt được liên hệ với một sóng. Sóng này, tới lượt nó, cho bạn biết xác suất tìm thấy hạt tại bất kỳ điểm nào. Tuy nhiên, vũ trụ, khi còn rất trẻ, đã nhỏ hơn một hạt hạ nguyên tử. Vì thế, có lẽ bản thân vũ trụ cũng có một hàm sóng. Vì electron có thể tồn tại trong nhiều trạng thái cùng một lúc, và vì vũ trụ từng nhỏ hơn cả một electron, nên có lẽ vũ trụ cũng đồng thời tồn tại trong nhiều trạng thái, được miêu tả bằng một siêu hàm sóng.

Đây là một biến thể của thuyết đa thế giới: không cần phải viện dẫn một người quan sát vũ trụ để anh ta có thể quan sát toàn thể vũ trụ cùng một lúc. Nhưng hàm sóng của Hawking lại hoàn toàn khác với hàm sóng của Schrödinger. Trong hàm sóng của Schrödinger, tại mọi điểm trong không-thời gian đều có một hàm sóng. Còn trong hàm sóng của Hawking, thì mỗi vũ trụ có một hàm sóng. Thay vì hàm *psi* của Schrödinger miêu tả mọi trạng thái có thể của electron, Hawking đưa ra một hàm *psi* thể hiện mọi trạng thái có thể có của vũ trụ. Trong cơ học lượng tử thông thường, electron tồn tại trong không gian thông thường. Tuy nhiên, trong hàm sóng của vũ trụ, hàm sóng tồn tại trong "siêu không gian", không gian của tất cả các vũ trụ có thể có, từng được Wheeler đề xuất.

Hàm sóng cái này (mẹ của mọi hàm sóng) không tuân theo phương trình Schrödinger (chỉ ứng với các electron đơn lẻ) mà theo phương trình Wheeler-DeWitt, ứng với mọi vũ trụ có thể có. Đầu thập niên 1990, Hawking đã viết rằng ông đã có thể giải được một phần hàm sóng vũ trụ của mình và chỉ ra rằng vũ trụ có xác suất tồn tại cao nhất là một vũ trụ với hằng số vũ trụ đang biến mất. Bài báo này đã gây ra khá nhiều tranh cãi vì nó phụ thuộc vào việc tính tổng mọi vũ trụ có thể. Hawking đã biểu diễn tổng này bằng cách bao gồm các lỗ giun đang kết nối vũ trụ của chúng ta với mọi vũ trụ có thể có. (Hãy tưởng tượng có vô số các bong bóng xà phòng đang trôi nổi trong không khí, tất cả được kết nối bằng các sợi dây nhỏ hay các lỗ giun, và sau đó cộng tất cả chúng lại với nhau.)

Cuối cùng, phương pháp đầy tham vọng của Hawking làm dấy lên nhiều nghi ngờ. Người ta đã chỉ ra rằng tổng của mọi vũ trụ có thể có là một con số không đáng tin cậy về mặt toán học, ít nhất là cho đến khi chúng ta đã có một "thuyết vạn vật" để định hướng. Cho đến khi nào một thuyết vạn vật được xây dựng, các nhà phê bình đã lập luận rằng người ta không thể thật sự tin tưởng bất kỳ một tính toán nào về các cỗ máy thời gian, các lỗ giun, thời khắc của vụ nổ lớn và các hàm sóng của vũ trụ.

Tuy nhiên, ngày nay vô số các nhà vật lý tin rằng chúng ta cuối cùng đã tìm thấy thuyết vạn vật, mặc dù nó vẫn chưa hoàn thiện: thuyết dây, hay thuyết M. Phải chăng thuyết này sẽ cho phép chúng ta "đọc được Ý Chúa", như Einstein đã tin?

CHƯƠNG BẢY

THUYẾT M: MẸ CỦA MỌI DÂY

> Đối với những ai có thể hiểu thấu Vũ trụ từ một quan điểm hợp nhất thì toàn thể Sáng thế sẽ đến như là chân lý và quy luật tất yếu duy nhất.
>
> - J. D'Alembert

> Tôi cảm thấy rằng chúng ta gần nắm bắt được thuyết dây tới mức - trong những khoảnh khắc lạc quan nhất của mình - tôi mường tượng rằng một ngày nào đó, dạng thức cuối cùng của thuyết này có thể rơi từ trên trời xuống và đậu vào lòng một ai đó. Nhưng thực tế hơn, tôi cảm thấy rằng hiện nay chúng ta đang trong quá trình xây dựng một lý thuyết sâu sắc hơn so với bất cứ lý thuyết nào chúng ta đã có trước đây và cho đến khi bước vào thế kỷ 21, khi tôi quá già không còn có những suy nghĩ nào hữu ích về chủ đề này nữa, thì các nhà vật lý trẻ tuổi hơn sẽ phải quyết định liệu có phải chúng ta đã tìm thấy thuyết cuối cùng hay không.
>
> - Edward Witten

Tiểu thuyết kinh điển *The Invisible Man* (Người vô hình) viết năm 1897 của H. G. Wells bắt đầu bằng một câu chuyện kỳ lạ. Vào một ngày đông lạnh giá, một người đàn ông lạ mặt ăn mặc kỳ quái xuất hiện từ trong bóng tối. Khuôn mặt anh ta được che kín hoàn toàn; anh ta đeo cái kính màu xanh sẫm, và một băng vải trắng che phủ toàn bộ khuôn mặt anh ta.

Ban đầu, dân làng thương hại anh ta, nghĩ rằng anh ta vừa thoát khỏi một tai nạn khủng khiếp. Nhưng những điều kỳ lạ xảy ra quanh làng. Một ngày, bà chủ nhà trọ bước vào căn phòng trống không của anh ta và kêu ré lên khi nhìn thấy quần áo đang tự đi đi lại lại. Những chiếc mũ đang xoay tít khắp căn phòng, các bộ đồ trải giường lao vào không trung, những chiếc ghế di chuyển, và "đồ đạc đã hóa điên", bà nhớ lại trong sự kinh hoàng.

Chẳng bao lâu sau, các tin đồn thổi về các sự kiện bất thường này đã lan truyền khắp cả làng. Cuối cùng, một nhóm dân làng tụ tập và đối mặt với người lạ mặt bí ẩn. Họ vô cùng kinh ngạc khi anh ta từ từ gỡ băng che mặt mình. Đám đông thất kinh. Không có băng che mặt, khuôn mặt của anh ta hoàn toàn biến mất. Trên thực tế, anh ta là vô hình. Cảnh tượng trở nên hỗn loạn, khi mọi người rú lên và la thét. Dân làng cố gắng đuổi theo người vô hình, nhưng anh ta dễ dàng đánh bại họ.

Sau khi phạm một chuỗi các tội vặt vãnh, người vô hình tìm thấy một người quen cũ và kể lại câu chuyện khác thường của mình. Tên thật của anh ta là Griffen từ Đại học Tổng hợp. Mặc dù khởi đầu học ngành y, nhưng anh ta đã tình cờ khám phá ra một phương thức đột biến làm thay đổi các thuộc tính khúc xạ và phản xạ của da thịt. Bí quyết của anh ta là chiều thứ tư. Anh ta kêu lên với bác sĩ Kemp: "Tôi đã tìm thấy một nguyên tắc tổng quát... một công thức, một biểu thức hình học liên quan đến bốn chiều."*

Thật đáng buồn, đáng lẽ sử dụng phát hiện vĩ đại này để giúp nhân loại thì suy nghĩ của anh ta là trộm cướp và tư lợi cá nhân. Anh ta dự định tuyển dụng bạn của mình làm kẻ tòng phạm. Anh ta tuyên bố, cùng nhau họ có thể cướp bóc cả thế giới. Nhưng người bạn sợ hãi và báo cho cảnh sát về sự có mặt của Griffen. Hệ quả là người vô hình bị trọng thương trong một cuộc săn lùng tội phạm gắt gao.

Tương tự như trong các tiểu thuyết khoa học giả tưởng hay nhất khác, luôn có một mầm mống khoa học trong nhiều truyện của H. G. Wells. Bất cứ ai có thể kết nối với chiều không gian thứ tư (hoặc thứ mà ngày nay gọi là chiều thứ năm, còn thời gian là chiều thứ tư) thì người đó có thể trở nên vô hình, thậm chí có thể nắm lấy các quyền năng thường được gán cho ma quỷ và thần thánh. Hãy tưởng tượng, vào lúc này, một chủng sinh vật huyền bí có thể sống trong thế giới hai chiều của một mặt bàn, như trong tiểu thuyết *Flatland* (Miền đất phẳng) của Edwin

Abbot xuất bản năm 1884. Họ thực hiện công việc bình thường của mình mà không biết rằng có cả một vũ trụ ở chiều thứ ba bao quanh họ.

Nhưng nếu một nhà khoa học của Miền đất phẳng có thể thực hiện một thử nghiệm cho phép anh ta lơ lửng vài inch (vài cm) bên ngoài mặt bàn, anh ta sẽ trở thành vô hình, vì ánh sáng sẽ đi qua phía dưới anh ta như thể anh ta không tồn tại. Lơ lửng ngay phía trên Miền đất phẳng, anh ta có thể thấy các sự kiện đang trải ra phía dưới, trên mặt bàn này. Lượn lờ trong siêu không gian (không gian ngoại chiều) mang lại các lợi thế rõ rệt, vì bất kỳ ai từ siêu không gian nhìn xuống sẽ có các quyền năng của một vị thần.

Không chỉ có ánh sáng sẽ đi qua phía dưới, khiến anh ta trở nên vô hình, mà anh ta cũng có thể băng qua các vật thể. Nói cách khác, anh ta có thể biến mất theo ý muốn và đi xuyên qua các bức tường. Bằng cách đơn giản là nhảy vào chiều thứ ba, anh ta có thể biến mất khỏi vũ trụ của Miền đất phẳng. Và nếu anh ta nhảy ngược trở lại mặt bàn, anh ta có thể đột nhiên tái hiện hữu từ hư không. Vì thế, anh ta có thể trốn thoát khỏi bất kỳ nhà tù nào. Một nhà tù ở Miền đất phẳng có thể bao gồm một vòng tròn được vẽ bao quanh một tù nhân, vì vậy nhảy vào chiều thứ ba và thoát ra bên ngoài là việc quá dễ dàng.

Cũng không thể giữ được bí mật trước một siêu sinh vật (sinh vật ngoại chiều). Vàng được cất giữ trong một cái hầm có thể dễ dàng bị nhìn thấy từ cao điểm lợi thế của chiều thứ ba, vì hầm này đơn giản chỉ là một hình chữ nhật hở. Vào tận trong hình chữ nhật và cuỗm vàng đi mà không cần phải phá cửa hầm sẽ chỉ là trò trẻ con. Phẫu thuật cũng có thể thực hiện mà không cần rạch da.

Tương tự, H. G. Wells muốn truyền tải ý tưởng rằng trong một thế giới bốn chiều, chúng ta là những cư dân của Miền đất phẳng và quên đi một thực tế rằng các mặt phẳng bậc cao hơn của sự tồn tại có thể lơ lửng ngay phía trên chúng ta. Chúng ta tin rằng thế giới bao gồm tất cả những gì chúng ta có thể nhìn thấy, không biết rằng có thể có các vũ trụ ngay trên mũi mình. Mặc dù vũ trụ khác có thể lơ lửng chỉ vài inch (vài cm) phía trên chúng ta, nhưng vì trôi nổi trong chiều thứ tư, nên nó sẽ là vô hình.

Vì một siêu sinh vật sẽ có các siêu quyền năng thường được gán cho một con ma hay một thần linh, trong một truyện khoa học giả tưởng khác, H. G. Wells suy nghĩ về câu hỏi liệu các sinh vật siêu nhiên có thể sống trong các chiều bậc cao hơn hay không. Ông đã nêu ra một câu hỏi then chốt giờ trở thành chủ đề của các suy đoán và nghiên cứu lớn: có hay không các định luật mới của vật lý trong các chiều bậc cao hơn này? Trong tiểu thuyết xuất bản năm 1895 của Wells, *The Wonderful Visit* (Cuộc viếng thăm kỳ diệu), khẩu súng của một cha sở vô tình bắn trúng một thiên thần ngẫu nhiên tiến vào chiều không gian của chúng ta. Vì một lý do vũ trụ nào đó, chiều của chúng ta và một vũ trụ song song đã nhất thời va chạm, khiến cho thiên thần này rơi vào thế giới của chúng ta. Trong câu chuyện, Wells viết: "Có thể có một lượng bất kỳ các vũ trụ ba chiều tụ tập sát bên nhau."* Cha sở hỏi chuyện vị thiên thần bị thương. Ông bị sốc khi thấy rằng các quy luật tự nhiên của chúng ta không còn áp dụng được trong thế giới của thiên thần này. Chẳng hạn, trong vũ trụ của vị thiên thần đó, không có các mặt phẳng mà chỉ có các mặt trụ, do đó bản thân không gian là cong. (Đúng tròn hai mươi năm trước thuyết tương đối rộng của Einstein, Wells đã giải trí với ý tưởng về các vũ trụ tồn tại trên các mặt cong.) Như vị cha sở đề cập: "Hình học của họ khác hẳn vì không gian của họ bị bẻ cong khiến cho tất cả các mặt phẳng là các mặt trụ; và định luật hấp dẫn ở đó không tuân theo quy luật bình phương nghịch đảo, và ở đó có hai mươi tư màu gốc, chứ không phải chỉ có ba." Hơn một thế kỷ sau khi Wells viết truyện này, các nhà vật lý ngày nay nhận ra rằng các định luật vật lý mới, với các tập hợp khác nhau của các hạt hạ nguyên tử, nguyên tử và các tương tác hóa học, quả thật có thể tồn tại trong các vũ trụ song song. (Như chúng ta thấy trong chương chín, một vài thử nghiệm hiện nay đang được tiến hành để phát hiện sự có mặt của các vũ trụ song song có thể lơ lửng ngay phía trên chúng ta.)

Khái niệm siêu không gian đã hấp dẫn các nghệ sĩ, các nhạc sĩ, các nhà thần bí, các nhà thần học và triết học, đặc biệt là hồi sắp sang thế kỷ 20. Theo nhà sử học nghệ thuật Linda

Dalrymple Henderson, mối quan tâm của Pablo Picasso tới chiều thứ tư đã góp phần sáng tạo ra xu hướng lập thể. (Đôi mắt của những người phụ nữ ông vẽ nhìn thẳng vào chúng ta, dù là mũi của họ hướng sang bên, cho phép chúng ta quan sát các phụ nữ này một cách tổng thể. Tương tự, một siêu sinh vật nhìn xuống sẽ thấy chúng ta trong tổng thể: đồng thời cả phía trước, phía sau và hai bên). Trong bức tranh nổi tiếng của mình *Christus Hypercubus* (Chúa Kitô bị đóng đinh trên cây thánh giá siêu lập phương), Salvador Dalí vẽ Jesus Christ bị đóng đinh câu rút ở phía trước của một khối siêu lập phương bốn chiều, tức khối tứ duy phương (tesseract), đã được trải ra. Còn trong bức tranh *The Persistence of Memory* (Sự bền bỉ của ký ức), Dalí đã cố gắng truyền tải ý tưởng về thời gian là chiều thứ tư với những chiếc đồng hồ tan chảy. Trong bức tranh *Nude Descending a Staircase (No. 2)* [Khỏa thân bước xuống cầu thang (Số 2)] của Marcel Duchamp, chúng ta thấy một người đàn bà khỏa thân trong đoạn phim quay chậm đang bước xuống các bậc cầu thang, đây là một cố gắng khác nhằm nắm bắt chiều thứ tư của thời gian trên một bề mặt hai chiều.

THUYẾT M

Ngày nay, bí ẩn và hiểu biết về chiều thứ tư đang sống lại vì một lý do hoàn toàn khác: sự phát triển của thuyết dây và hiện thân mới nhất của nó là thuyết M. Xưa nay, khái niệm siêu không gian đã bị các nhà vật lý ra sức chống lại; họ công kích rằng các chiều bậc cao hơn là lĩnh vực của các nhà thần bí và những kẻ bịp bợm. Những nhà khoa học nào nghiêm túc đề xuất sự tồn tại của các thế giới vô hình đều là đối tượng để chế giễu.

Với sự xuất hiện của thuyết M, tình hình đã thay đổi hẳn. Các chiều bậc cao hơn bây giờ đang ở trung tâm của cuộc cách mạng sâu rộng trong vật lý vì các nhà vật lý buộc phải đương đầu với vấn đề lớn nhất của vật lý hiện nay: cái hào sâu giữa thuyết tương đối rộng và thuyết lượng tử. Đáng chú ý, hai lý thuyết này bao gồm toàn bộ mọi kiến thức vật lý nền tảng về vũ trụ. Hiện nay, chỉ thuyết M có khả năng thống nhất hai lý thuyết vĩ đại nhưng dường như trái ngược nhau này về vũ trụ thành một khối tổng thể đồng bộ để tạo ra một "thuyết vạn vật". Trong mọi thuyết được đề ra trong thế kỷ vừa qua, ứng viên duy nhất có tiềm năng "đọc được Ý Chúa", như cách nói của Einstein, là thuyết M.

Chỉ trong siêu không gian mười hoặc mười một chiều chúng ta mới có "đủ chỗ" để thống nhất mọi lực của tự nhiên thành một thuyết tao nhã duy nhất. Một thuyết thần thoại như vậy sẽ có thể trả lời các câu hỏi muôn đời: Điều gì đã xảy ra trước khởi đầu của vũ trụ? Liệu có thể đảo ngược thời gian hay không? Liệu các cửa ngõ đa chiều có thể đưa chúng ta đi xuyên qua vũ trụ hay không? (Mặc dù các nhà phê bình chỉ ra chính xác rằng việc thử nghiệm thuyết này vượt quá khả năng thực nghiệm hiện tại của chúng ta, nhưng một số thử nghiệm hiện đang được lên kế hoạch có thể thay đổi tình trạng này, như chúng ta sẽ thấy trong chương chín.)

Mọi cố gắng trong vòng năm mươi năm qua để tạo ra một miêu tả thống nhất thật sự của vũ trụ đã kết thúc trong thất bại chua chát. Về mặt khái niệm, điều này thật dễ hiểu. Thuyết tương đối rộng và thuyết lượng tử có tính đối lập hoàn toàn gần như về mọi phương diện. Thuyết tương đối rộng là thuyết của những cái cực lớn: các lỗ đen, các vụ nổ lớn, các chuẩn tinh và vũ trụ dãn nở. Nó dựa trên nền tảng toán học của các bề mặt trơn tru, giống như tấm vải trải giường và lưới giàn nhún. Thuyết lượng tử lại đối ngược hoàn toàn: nó miêu tả thế giới của những cái cực nhỏ: các nguyên tử, các proton và notron, và các quark. Thuyết này dựa trên một thuyết về các gói năng lượng rời rạc được gọi là các lượng tử. Không giống như thuyết tương đối, thuyết lượng tử phát biểu rằng chỉ có xác suất của các sự kiện là có thể tính toán, do đó chúng ta không bao giờ có thể biết chắc chắn một eclectron chính xác nằm ở chỗ nào. Hai thuyết này dựa trên các thuật toán khác nhau, các giả định khác nhau, các nguyên lý vật lý khác nhau và các miền khác nhau. Không mấy ngạc nhiên khi mọi nỗ lực thống nhất chúng đã thất bại.

Những bậc khổng lồ trong giới vật lý - Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli và Arthur Eddington - đã theo bước Einstein thử nhúng tay vào thuyết trường thống nhất, nhưng chỉ nhận lấy thất bại thảm hại. Năm 1928, Einstein đã vô tình gây chấn động giới truyền thông với phiên bản sơ khai của thuyết trường thống nhất. Nhật báo *New York Times* thậm chí còn xuất bản các phần của bài báo khoa học này, gồm cả các phương trình của ông. Trên một trăm phóng viên tụ tập bên ngoài nhà ông. Viết từ Anh, Eddington đã bình luận với Einstein: "Anh có thể thích thú khi nghe tin một trong những bách hóa tổng hợp lớn của chúng tôi tại London (Selfridges) đã dán trên cửa kính bài báo của anh (sáu trang được dán bên cạnh nhau) để cho những người qua đường có thể đọc nó từ đầu chí cuối. Các đám đông lớn tụ tập xung quanh để đọc nó."*

Năm 1946, Erwin Schrödinger cũng bị lây trào lưu này và phát hiện ra cái mà ông nghĩ là cái thuyết trường thống nhất huyền bí kia. Ông bèn vội vã làm cái điều khá bất thường vào thời kỳ đó (nhưng ngày nay thì không quá bất thường): tổ chức một cuộc họp báo. Ngay cả thủ tướng Ireland là Eamon de Valera cũng có mặt để nghe Schrödinger nói. Khi được hỏi ông có thực sự chắc chắn rằng cuối cùng mình đã bỏ túi thuyết trường thống nhất không, Schrödinger đã trả lời: "Tôi tin mình đúng. Tôi sẽ giống như một kẻ vô cùng xuẩn ngốc nếu tôi sai."* (Tờ *New York Times* cuối cùng đã tìm hiểu về cuộc họp báo này rồi sau đó gửi bản thảo cho Einstein và những người khác để xin ý kiến bình luận. Đáng buồn thay, Einstein nhận ra rằng Schrödinger đã khám phá lại một thuyết cũ mà ông từng đề xuất vài năm trước đó và đã vứt bỏ nó. Einstein đã đáp lại rất lịch sự, nhưng Schrödinger vẫn thấy mình bị xúc phạm.)

Năm 1958, nhà vật lý Jeremy Bernstein đã tham dự buổi nói chuyện tại Đại học Columbia, tại đó Wolfgang Pauli trình bày một phiên bản thuyết trường thống nhất mà ông đã cùng với Werner Heisenberg đã xây dựng nên. Niels Bohr, ngồi trong số cử tọa, đã không bị thuyết phục. Cuối cùng, Bohr đã đứng lên và nói: "Chúng tôi ngồi dưới này đều tin rằng thuyết của ông là điên rồ. Nhưng chúng tôi chỉ chưa nhất trí được với nhau là liệu thuyết của ông có đủ điên rồ hay không mà thôi."*

Pauli ngay lập tức nhận ra những gì Bohr muốn nói - rằng thuyết Heisenberg-Pauli đã quá tầm thường để trở thành thuyết trường thống nhất. Để "đọc được Ý Chúa" thì phải đề ra các thuật toán và các ý tưởng triệt để khác biệt

Nhiều nhà vật lý tin rằng có một thuyết đơn giản, tao nhã và hấp dẫn phía sau vạn vật nhưng nó cũng đủ điên rồ và phi lý để trở nên đúng. John Wheeler từ Princeton chỉ ra rằng, trong thế kỷ 19 việc giải thích sự phong phú đa dạng của sự sống tìm thấy trên Trái Đất dường như là vô vọng. Nhưng sau đó Charles Darwin đã đưa ra thuyết chọn lọc tự nhiên, thuyết duy nhất cung cấp lập luận và bằng chứng để giải thích nguồn gốc và sự đa dạng của mọi dạng sự sống trên Trái Đất.

Người đoạt giải Nobel Steven Weinberg sử dụng một phép loại suy khác. Sau Columbus, các bản đồ trình bày chi tiết những thành công táo bạo của các nhà thám hiểm châu Âu thuở thời kỳ đầu chỉ ra mạnh mẽ rằng phải tồn tại một "cực bắc", nhưng không có bằng chứng trực tiếp về sự tồn tại của nó. Vì mỗi bản đồ Trái Đất đã chỉ ra một khoảng trống lớn, nơi cực bắc phải được định vị, nên các nhà thám hiểm thời kỳ đầu đã đơn giản giả định rằng một cực bắc phải tồn tại, mặc dù chưa một ai trong số họ từng đặt chân đến. Tương tự như vậy, các nhà vật lý ngày nay, giống như các nhà thám hiểm ngày xưa, tìm thấy rất nhiều chứng cứ gián tiếp cho thấy sự tồn tại của một thuyết vạn vật, mặc dù hiện tại không có sự đồng thuận chung về việc thuyết đó phải như thế nào.

LỊCH SỬ THUYẾT DÂY

Một thuyết rõ ràng "đủ điên rồ" để trở thành thuyết trường thống nhất là thuyết dây, hay thuyết M. Thuyết dây có lẽ có lịch sử kỳ quái nhất trong biên niên sử vật lý. Nó được phát hiện hoàn toàn ngẫu nhiên, nhằm áp dụng cho một vấn đề sai, đã bị quên lãng, và đột nhiên hồi sinh như là một thuyết vạn vật. Và thật sự thì, vì không thể thực hiện các chỉnh sửa nhỏ mà không phá hủy thuyết này, nên nó hoặc sẽ là "thuyết vạn vật" hoặc sẽ là "thuyết không vật nào".

Lý do cho lịch sử kỳ lạ này là ở chỗ thuyết dây có bước phát triển giật lùi. Thông thường, trong một thuyết như thuyết tương đối rộng, người ta bắt đầu với các nguyên lý vật lý nền tảng. Sau đó, các nguyên lý này được mài giũa thành một tập hợp các phương trình kinh điển cơ bản. Cuối cùng, người ta tính toán các thăng giáng lượng tử với các phương trình này. Thuyết dây đã phát triển giật lùi, bắt đầu với phát hiện ngẫu nhiên về thuyết lượng tử của nó; các nhà vật lý vẫn còn bối rối về việc các nguyên lý vật lý nào có thể dẫn dắt thuyết này.

Nguồn gốc của thuyết dây có từ năm 1968, khi hai nhà vật lý trẻ tại phòng thí nghiệm hạt nhân ở Tổ chức Nghiên cứu hạt nhân châu Âu (CERN), Geneva là Gabriele Veneziano và Mahiko Suzuki đã độc lập với nhau xem lướt qua một quyển sách toán và bắt gặp hàm Beta Euler(1), một biểu thức toán học khó hiểu trong thế kỷ 18 được Leonard Euler phát hiện, và dường như nó miêu tả thế giới hạ nguyên tử một cách kỳ lạ. Họ đã ngạc nhiên khi thấy rằng công thức toán học trừu tượng này dường như miêu tả sự va chạm của hai hạt π meson(2) ở các năng lượng cực lớn. Mô hình Veneziano nhanh chóng là một hiện tượng gây xôn xao trong vật lý, với hàng trăm bài báo khoa học cố gắng tổng quát hóa nó để miêu tả các lực hạt nhân.

Nói cách khác, thuyết này đã được phát hiện hoàn toàn ngẫu nhiên. Edward Witten từ Viện Nghiên cứu cao cấp (nhiều người tin rằng ông là nhân vật chủ lực đứng sau nhiều đột phá gây ấn tượng sâu sắc trong thuyết này) đã nói: "Đúng ra, các nhà vật lý thế kỷ 20 đã không có đặc quyền nghiên cứu thuyết này. Đúng ra, thuyết dây đã không được phát minh."*

Tôi còn nhớ như in sự náo động mà thuyết dây đã tạo ra. Vào thời gian đó tôi vẫn còn là sinh viên trên đại học của ngành Vật lý tại Đại học California ở Berkeley, và tôi nhớ mình đã thấy các nhà vật lý lắc đầu và phát biểu rằng vật lý không nên đi theo cách này. Trong quá khứ, môn vật lý luôn luôn dựa trên các

---

1. Hàm tích phân được Leonard Euler và Adrien-Marie Legendre nghiên cứu, do Jacques Philippe Marie Binet đặt tên. Nó là hàm có tính đối xứng, nghĩa là $B(x, y) = B(y, x)$.

2. Hạt π meson (pion) có vai trò truyền tải lực tương tác hạt nhân mạnh. Có ba loại π meson: loại mang điện dương (π^+), loại mang điện âm (π^-) và loại trung hòa (π^0). Hạt này được nhà vật lý Nhật Bản Hideki Yukawa (1907-1981) dự đoán năm 1935 và được phát hiện năm 1947.

quan sát chi tiết và kỹ lưỡng về tự nhiên, hình thành nên một vài giả thuyết từng phần, rồi người ta cẩn thận kiểm chứng ý tưởng này qua dữ liệu quan sát, và sau đó lặp lại quá trình buồn tẻ này, hết lần này đến lần khác. Thuyết dây là theo phương pháp cảm quan chủ quan, đơn thuần dựa trên việc phỏng đoán câu trả lời. Những con đường tắt hấp dẫn như vậy không được coi là nên theo.

Vì các hạt hạ nguyên tử không thể nhìn thấy được ngay cả với các thiết bị mạnh nhất của chúng ta, nên các nhà vật lý đã phải viện đến một cách thức tàn tệ nhưng hiệu quả để phân tích chúng, bằng cách cho chúng va đập với nhau ở các mức năng lượng rất lớn. Hàng tỉ đô la đã được chi tiêu vào việc chế tạo các "máy đập vỡ nguyên tử" khổng lồ, tức các máy gia tốc hạt, có kích thước rộng nhiều dặm, tạo ra các chùm hạt hạ nguyên tử để chúng va đập vào nhau. Sau đó, các nhà vật lý tỉ mỉ phân tích các mảnh vụn từ va chạm này. Mục tiêu của quá trình vất vả và gian khổ này là để lập ra một chuỗi các con số, được gọi là ma trận tán xạ hay ma trận S. Tập hợp các con số này vô cùng quan trọng vì nó mã hóa trong đó tất cả các thông tin về vật lý hạ nguyên tử - nghĩa là, nếu biết ma trận S, người ta có thể luận ra tất cả các tính chất của các hạt cơ bản.

Một trong những mục tiêu của vật lý hạt cơ bản là dự đoán cấu trúc toán học của ma trận S cho các tương tác mạnh, một mục tiêu khó khăn tới mức một số nhà vật lý đã tin rằng nó đã vượt quá tầm của bất kỳ thứ vật lý nào đã biết. Khi đó ta có thể hình dung được sự chấn động mà Veneziano và Suzuki đã gây ra khi họ chỉ đơn giản là đã phỏng đoán ma trận S bằng việc xem lướt qua một quyển sách toán.

Mô hình này là một loại khác hẳn những gì chúng ta đã từng thấy trước đó. Thông thường, khi một ai đó đề xuất một thuyết mới (chẳng hạn như các quark), các nhà vật lý cố gắng vá víu thuyết này bằng cách thay đổi các tham số đơn giản (ví dụ khối lượng của các hạt hoặc các cường độ bắt cặp). Nhưng mô hình Veneziano được chế tác đẹp đẽ tới mức ngay cả những xáo trộn nhỏ nhất trong các đối xứng cơ bản của nó cũng phá hủy toàn bộ công thức. Cũng giống như với một miếng pha lê được chế tạo thủ công tỉ mỉ, bất kỳ cố gắng nào nhằm thay đổi hình dạng ban đầu sẽ phá hủy nó.

Trong số hàng trăm bài báo khoa học ra sức thay đổi một cách tầm thường các tham số, do đó phá hủy vẻ đẹp của mô hình này, không còn bài nào sống nổi tới ngày nay. Những bài báo duy nhất vẫn còn được nhớ tới là những bài tìm hiểu lý do tại sao thuyết này vẫn vận hành được - nghĩa là, những bài báo cố gắng khám phá các đối xứng của nó. Cuối cùng, các nhà vật lý nhận ra rằng thuyết này không hề có các tham số có thể điều chỉnh được.

Mô hình Veneziano, cho dù rất đáng khen, vẫn còn có một vài vấn đề. Trước hết, các nhà vật lý nhận ra rằng nó chỉ là xấp xỉ đầu tiên cho ma trận S cuối cùng và không phải là toàn bộ bức tranh. Khi đó, Bunji Sakita, Miguel Virasoro và Keiji Kikkawa, ở Đại học Wisconsin, nhận ra rằng ma trận S có thể được xem xét như là một chuỗi vô hạn các số hạng, và rằng mô hình Veneziano chỉ là số hạng đầu tiên và quan trọng nhất trong chuỗi này. (Đại thể, mỗi số hạng trong chuỗi thể hiện số cách mà các hạt có thể đâm vào nhau. Chúng định đề hóa một vài quy tắc mà theo đó người ta có thể xây dựng các số hạng cao hơn trong phép xấp xỉ của họ. Trong luận án tiến sĩ của mình, tôi đã quyết định nghiêm túc hoàn thành chương trình này và xây dựng tất cả các hiệu chỉnh có thể cho mô hình Veneziano. Cùng với đồng nghiệp L. P. Yu, tôi đã tính toán một tập hợp vô hạn các số hạng hiệu chỉnh cho mô hình này.)

Cuối cùng, Yoichiro Nambu từ Đại học Chicago và Tetsuo Goto từ Đại học Nihon đã xác định được đặc điểm then chốt làm cho mô hình hoạt động - một cái dây đang rung. (Công trình tương tự cũng được Leonard Susskind và Holger Nielsen thực hiện.) Khi một dây va chạm với một dây khác, nó tạo ra một ma trận S được mô hình Veneziano miêu tả. Trong bức tranh này, mỗi hạt chỉ là một rung động hay một nốt trên dây. (Tôi sẽ thảo luận chi tiết khái niệm này muộn hơn.)

Tiến bộ đạt được rất nhanh. Năm 1971, John Schwarz, André Neveu và Pierre Ramond đã tổng quát hóa mô hình dây sao cho nó bao gồm một đại lượng mới được gọi là spin, làm cho nó là một ứng viên hiện thực cho các tương tác hạt. (Tất cả các hạt hạ nguyên tử, như chúng ta sẽ thấy, dường như đang quay như một con quay thu nhỏ. Lượng spin của mỗi hạt hạ nguyên tử, tính bằng các đơn vị lượng tử, hoặc là một số nguyên như 0, 1, 2 hoặc một nửa số nguyên như 1/2, 3/2. Đáng chú ý, dây Neveu-Schwarz-Ramond đã đưa ra chính xác quy luật này của các spin.)

Tuy nhiên, tôi vẫn không hài lòng. Mô hình cộng hưởng kép, như nó đã được gọi lại khi đó, là một tập hợp lỏng lẻo các công thức kỳ quặc và có tính kinh nghiệm. Tất cả vật lý trong 150 năm trước đã dựa vào các "trường", kể từ khi chúng được nhà vật lý người Anh là Michael Faraday đưa ra lần đầu tiên. Hãy nghĩ về các đường sức từ được một thanh nam châm tạo ra. Giống như một mạng nhện, các đường sức từ này lan tỏa khắp không gian. Tại mỗi điểm trong không gian, bạn có thể đo được cường độ và hướng của các đường sức từ này. Tương tự, một trường là một đối tượng toán học có các giá trị khác nhau ở mỗi điểm trong không gian. Như vậy, trường đo cường độ của lực từ(1), lực điện(2), hay lực hạt nhân tại điểm bất kỳ trong vũ trụ. Vì thế, miêu tả nền tảng của điện, từ, lực hạt nhân và lực hấp dẫn dựa trên các trường. Vậy tại sao các dây lại khác? Điều cần đến là một "thuyết trường của các dây" có thể cho phép người ta tóm tắt toàn bộ nội dung của thuyết thành một phương trình duy nhất.

Năm 1974, tôi đã quyết định xử lý vấn đề này. Cùng với đồng nghiệp Keiji Kikkawa từ Đại học Osaka, tôi đã rút ra thành công thuyết trường của các dây. Trong một phương trình chỉ dài khoảng một inch rưỡi(3), chúng tôi có thể tóm tắt tất cả thông tin có trong thuyết dây.* Khi thuyết trường của các dây được công thức hóa, tôi phải thuyết phục một cộng đồng vật lý lớn hơn về sức mạnh và vẻ đẹp của nó. Tôi tham dự một hội thảo vật lý lý thuyết tại Trung tâm Aspen ở bang Colorado vào mùa hè năm

---

1. Lực Lorentz.
2. Lực tĩnh điện.
3. 1.5 inch xấp xỉ 3,81 cm.

đó và tổ chức một hội nghị chuyên đề với một nhóm nhỏ nhưng có chọn lọc các nhà vật lý. Tôi đã khá lo lắng: trong số thính giả có hai người đoạt giải Nobel là Murray Gell-Mann và Richard Feynman, những người nổi tiếng hay đặt ra những câu hỏi sắc bén và thấu suốt, thường làm cho diễn giả bối rối. (Một lần, khi Steven Weinberg tổ chức một buổi nói chuyện, ông đã vẽ trên bảng đen một góc, viết lên đó chữ W, được gọi là góc Weinberg để vinh danh mình. Feynman sau đó đã hỏi chữ W trên bảng đen chỉ cái gì. Khi Weinberg bắt đầu trả lời, Feynman đã hét lên "Wrong!" ("Sai") làm khán thính giả cười phá lên. Feynman có thể chọc cười khán thính giả, nhưng Weinberg mới là người cười sau cùng. Góc này thể hiện phần quyết định trong thuyết của Weinberg, phần hợp nhất tương tác điện từ và tương tác yếu, mà nhờ nó sau này ông đã đoạt giải Nobel.)

Trong buổi nói chuyện, tôi nhấn mạnh rằng thuyết trường dây sẽ tạo ra một cách tiếp cận đơn giản nhất, toàn diện nhất cho thuyết dây, khi đó chủ yếu là một tập hợp pha tạp các công thức rời rạc. Với thuyết trường dây, toàn bộ thuyết có thể được tóm tắt trong một phương trình duy nhất dài khoảng một inch rưỡi - tất cả các tính chất của mô hình Veneziano, tất cả các số hạng của xấp xỉ nhiễu loạn vô hạn này, và tất cả các tính chất của các dây đang quay có thể được rút ra từ một phương trình có thể nhét vừa vào một chiếc bánh đoán hạnh vận. Tôi đã nhấn mạnh chính các đối xứng đã ban sức mạnh và vẻ đẹp cho thuyết dây. Khi các dây di chuyển trong không-thời gian, chúng lan ra các bề mặt hai chiều, giống như một dải vải. Thuyết này vẫn nguyên không thay đổi bất kể chúng ta sử dụng các tọa độ nào để miêu tả bề mặt hai chiều này. Tôi sẽ không bao giờ quên giây phút Feynman đi tới chỗ tôi sau đó và nói: "Tôi có thể không hoàn toàn đồng ý với thuyết dây, nhưng buổi nói chuyện mà anh tổ chức là một trong những buổi hay nhất mà tôi đã từng nghe."

MƯỜI CHIỀU

Nhưng ngay khi thuyết dây cất cánh, nó nhanh chóng được làm sáng tỏ. Claude Lovelace từ Đại học Rutgers phát hiện ra rằng mô hình Veneziano gốc có một thiếu sót toán học nhỏ và chỉ có thể được loại bỏ nếu không-thời gian có hai mươi sáu chiều. Tương tự, mô hình siêu dây của Neveu, Schwarz và Ramond chỉ có thể tồn tại trong mười chiều.* Điều này đã làm các nhà vật lý bàng hoàng. Bởi điều này chưa từng bao giờ xảy ra trong toàn bộ lịch sử khoa học. Chúng ta không tìm thấy ở đâu một thuyết tự chọn ra tính chất về chiều cho nó. Chẳng hạn, các thuyết của Newton và Einstein có thể công thức hóa trong bất kỳ chiều nào. Chẳng hạn, định luật bình phương nghịch đảo nổi tiếng của lực hấp dẫn có thể được tổng quát hóa thành định luật lập phương nghịch đảo trong bốn chiều. Tuy nhiên, thuyết dây chỉ có thể tồn tại trong một số chiều cụ thể.

Từ góc nhìn thực tế, đây là một thảm họa. Người ta đều tin rằng thế giới của chúng ta tồn tại trong ba chiều không gian (chiều dài, chiều rộng và chiều cao) và một chiều thời gian. Thừa nhận một vũ trụ mười chiều có nghĩa là thuyết này gần bước sang lãnh địa của khoa học giả tưởng. Các nhà lý luận thuyết dây đã trở thành cái đích của trò cười. (John Schwarz nhớ lại khi đi thang máy cùng Richard Feynman, Richard đã nói đùa với ông: "Thế nào, John, hôm nay anh đang sống trong bao nhiêu chiều?"*) Nhưng dù các nhà vật lý dây có cố gắng cứu vãn mô hình như thế nào, nó đã nhanh chóng tàn lụi. Chỉ còn những người ngoan cố tiếp tục làm việc với thuyết dây. Đó là một nỗ lực đơn độc trong thời kỳ này.

Hai người ngoan cố vẫn tiếp tục nghiên cứu thuyết dây trong suốt những năm ảm đạm đó là John Schwarz từ Cal Tech và Joël Scherk từ Trường Đại học Sư phạm (École Normale Supérieure) ở Paris. Cho đến lúc đó, mô hình dây được cho là chỉ để miêu tả các tương tác hạt nhân mạnh. Nhưng có một vấn đề: mô hình dự đoán một hạt không xuất hiện trong các tương tác mạnh, một hạt lạ lùng với khối lượng bằng không và có 2 đơn vị spin lượng tử. Mọi cố gắng để thoát khỏi hạt khó chịu này đều thất bại. Mỗi lần người ta cố gắng loại bỏ hạt spin 2 này, mô hình đều sụp đổ và mất đi các tính chất ma thuật của nó. Bằng cách nào đó, hạt spin 2 không mong muốn này dường như nắm giữ bí mật của toàn bộ mô hình.

Khi đó Scherk và Schwarz đã đưa ra một phỏng đoán táo bạo. Có lẽ thiếu sót này thực sự là một phước lành. Nếu họ diễn giải lại hạt spin 2 rắc rối này giống như graviton (hạt hấp dẫn phát sinh ra từ thuyết của Einstein), thì thuyết này thực sự đã sáp nhập thuyết hấp dẫn của Einstein! (Nói cách khác, thuyết tương đối rộng của Einstein đơn thuần hiện ra như là rung động hay nốt thấp nhất của siêu dây.) Thật trớ trêu, trong các thuyết lượng tử khác các nhà vật lý cố hết sức để tránh bao gồm bất kỳ đề cập nào tới hấp dẫn thì thuyết dây lại đòi hỏi nó. (Quả thật, đó là một trong những đặc điểm hấp dẫn của thuyết dây - nó phải bao gồm hấp dẫn, nếu không thì thuyết này sẽ không nhất quán.) Với bước nhảy táo bạo này, các nhà khoa học nhận ra rằng mô hình dây đang được áp dụng không đúng vào không đúng vấn đề. Nó không định là một thuyết chỉ của các tương tác hạt nhân mạnh; mà nó là thuyết vạn vật. Như Witten đã nhấn mạnh, một đặc trưng cuốn hút của thuyết dây là ở chỗ nó đòi hỏi sự có mặt của lực hấp dẫn. Trong khi các thuyết trường tiêu chuẩn phải bao thập kỷ nay không sáp nhập được hấp dẫn, thì hấp dẫn lại thực sự có tính bắt buộc trong thuyết dây.

Tuy nhiên, ý tưởng gieo mầm của Scherk và Schwarz đã bị mọi người lờ đi. Để thuyết dây miêu tả cả hấp dẫn lẫn thế giới hạ nguyên tử, thì các dây sẽ chỉ phải dài 10^{-33} cm (độ dài Planck); nói cách khác, chúng nhỏ hơn proton một tỉ tỉ lần(1). Một tỉ lệ quá lớn khiến phần lớn các nhà vật lý khó chấp nhận.

Nhưng vào giữa thập niên 1980, những nỗ lực khác nhắm vào một thuyết trường thống nhất đã lung lay. Những thuyết nào thử gắn một cách ngây thơ hấp dẫn vào Mô hình Chuẩn đều bị chìm đắm trong bãi lầy của các vô hạn (mà tôi sẽ giải thích một cách vắn tắt). Mỗi lần ai đó thử kết hợp hấp dẫn với các lực lượng tử khác, nó đều dẫn tới những chi tiết thiếu nhất quán toán học giết chết thuyết đó. (Einstein tin rằng có lẽ Chúa đã không có sự lựa chọn khi tạo ra vũ trụ. Một lý do cho niềm tin này là chỉ có một thuyết duy nhất thoát khỏi tất cả các mâu

---

1. Theo đúng nguyên tác. Độ dài Planck xấp xỉ 1,616252(81)×10^{-33} cm, trong khi đường kính của một proton cỡ 10^{-13} cm, nên chính xác hơn có lẽ là cỡ một trăm tỉ tỉ lần.

thuẫn toán học này.)

Có hai loại thiếu nhất quán toán học như vậy. Đầu tiên là vấn đề các phần tử vô hạn. Thông thường, các thăng giáng lượng tử đều rất nhỏ. Các hiệu ứng lượng tử thường chỉ là hiệu chỉnh nhỏ đối với các định luật Newton về chuyển động. Đây là lý do tại sao chúng ta có thể, trong phần lớn các trường hợp, bỏ qua chúng trong thế giới vĩ mô của chúng ta - chúng quá nhỏ đến mức không nhận thấy. Tuy nhiên, khi hấp dẫn được chuyển thành một thuyết lượng tử, các thăng giáng lượng tử này thực sự trở thành vô hạn, nghĩa là vô nghĩa. Thiếu nhất quán toán học thứ hai là phải giải quyết các "dị thường", các sai lệch nhỏ nảy sinh khi chúng ta bổ sung các thăng giáng lượng tử vào thuyết. Các dị thường này làm hỏng tính đối xứng ban đầu của thuyết, do đó cướp mất sức mạnh ban đầu của nó.

Chẳng hạn, hãy tưởng tượng có một nhà thiết kế tên lửa phải tạo ra một tàu vũ trụ trơn láng, dáng thuôn khí động học để vượt qua bầu khí quyển. Tên lửa phải có sự đối xứng lớn nhằm giảm ma sát và sức cản của không khí (trong trường hợp này là tính đối xứng trụ, sao cho tên lửa vẫn giữ nguyên dạng khi chúng ta xoay nó quanh trục). Tính đối xứng này được gọi là O(2). Nhưng có hai vấn đề tiềm tàng. Thứ nhất, vì tên lửa di chuyển với vận tốc lớn như vậy, nên các rung động có thể xảy ra ở các cánh. Thông thường, các rung động này là khá nhỏ đối với các máy bay hạ thanh. Tuy nhiên, khi di chuyển ở các vận tốc siêu thanh, các thăng giáng này có thể gia tăng cường độ và cuối cùng xé rách cánh. Tương tự như thế, các phân kỳ cũng là tai họa cho bất kỳ thuyết hấp dẫn lượng tử nào.* Bình thường, chúng quá nhỏ nên có thể bỏ qua, nhưng trong thuyết hấp dẫn lượng tử thì chúng phình to ngay trước mặt bạn.

Vấn đề thứ hai của tàu vũ trụ tên lửa này là các vết nứt nhỏ có thể xảy ra trên thân tàu. Các vết nứt này làm hỏng tính đối xứng O(2) ban đầu của tàu vũ trụ. Cho dù chúng rất nhỏ, các vết nứt này cuối cùng có thể lan ra và xé toạc thân tàu. Tương tự như vậy, các "rạn nứt" có thể triệt tiêu các đối xứng của một thuyết hấp dẫn.

Có hai cách để giải quyết các vấn đề này. Một là tìm giải pháp sửa chữa tạm thời, như vá víu các vết rạn nứt bằng keo và dùng thanh chằng buộc cánh, với hy vọng tên lửa sẽ không nổ tung trong khí quyển. Từ trước tới nay, đây là cách tiếp cận được phần lớn các nhà vật lý đi theo khi cố gắng kết hợp thuyết lượng tử với hấp dẫn. Họ đã cố gắng trải phẳng hai vấn đề này dưới tấm thảm. Cách thứ hai là làm lại từ đầu, với một hình dáng mới và các vật liệu mới lạ, có thể chịu được các ứng suất của du hành không gian.

Các nhà vật lý đã mất nhiều thập kỷ để cố gắng vá víu một thuyết hấp dẫn lượng tử, chỉ để thấy nó bị thủng lỗ chỗ trong vô vọng với các phân kỳ và các dị thường mới. Dần dần, họ đã nhận ra giải pháp có thể làm là từ bỏ cách tiếp cận sửa chữa tạm thời và chấp nhận một thuyết mới hoàn toàn.*

CỖ XE CỔ ĐỘNG CHO THUYẾT DÂY

Năm 1984, trào lưu chống lại thuyết dây đột ngột đổi hướng. John Schwarz từ Cal Tech và Mike Green, khi đó ở Đại học Queen Mary College tại London, đã chỉ ra rằng thuyết dây không chứa tất cả những chi tiết thiếu nhất quán từng làm tiêu vong rất nhiều thuyết khác. Trước đó các nhà vật lý biết rằng thuyết dây đã thoát khỏi các phân kỳ toán học. Nhưng Schwarz và Green chỉ ra rằng nó cũng thoát khỏi các dị thường. Kết quả là thuyết dây đã trở thành ứng viên hàng đầu (và hiện nay là duy nhất) cho một thuyết vạn vật.

Đột nhiên, một thuyết từng bị coi là đã chết lại được phục sinh. Từ một thuyết vô dụng, thuyết dây đột nhiên trở thành một thuyết vạn vật. Vô số các nhà vật lý đã cố gắng hết mức tìm đọc các bài báo về thuyết dây. Một loạt các bài báo bắt đầu dồn dập ùa ra từ các phòng nghiên cứu trên khắp thế giới. Các bài báo cũ đang phủ đầy bụi trong thư viện đột nhiên trở thành chủ đề nóng sốt nhất trong vật lý. Ý tưởng về các vũ trụ song song, một thời bị coi là quá lạ lùng, bây giờ trở thành tâm điểm trong cộng đồng vật lý, với hàng trăm hội nghị và theo đúng nghĩa đen là hàng vạn bài báo dành cho vấn đề này.

(Có lúc, mọi thứ đã vượt khỏi tầm kiểm soát, khi một số nhà vật lý đã bị lên "cơn sốt Nobel". Tháng 8 năm 1991, tạp chí

Discover thậm chí đã trình bày nổi bật trên bìa một nhan đề giật gân: "Thuyết vạn vật mới: Một nhà vật lý giải quyết điều bí ẩn vũ trụ cuối cùng". Bài báo đã trích dẫn lời một nhà vật lý đang ráo riết mưu cầu sự nổi tiếng và danh vọng: "Tôi không phải là một người khiêm tốn. Nếu điều này được giải quyết, sẽ có một giải Nobel về nó," ông ta ba hoa. Khi phải đối mặt với chỉ trích rằng thuyết dây vẫn còn trong giai đoạn sơ sinh, ông đã đáp lại: "Những anh chàng thuyết dây tầm cỡ nhất đang nói phải mất 400 năm để chứng minh các dây, nhưng tôi nói họ nên ngậm miệng lại."*)

Cuộc đổ xô đi tìm vàng bắt đầu.

Cuối cùng, đã có một phản ứng dữ dội chống lại "cỗ xe cổ động cho siêu dây". Một nhà vật lý từ Đại học Harvard đã châm chọc rằng thuyết dây thực sự không phải là một nhánh của vật lý chút nào, mà thực ra là một nhánh của toán học thuần túy, hoặc triết học, nếu như không phải là của tôn giáo. Người đoạt giải Nobel Sheldon Glashow của Đại học Harvard đã dẫn đầu phe buộc tội khi so sánh phong trào cổ động cho siêu dây với chương trình Chiến tranh giữa các vì sao (tiêu phí cơ man các nguồn tài nguyên nhưng cho tới nay chưa bao giờ có thể được thử nghiệm). Glashow đã nói rằng ông thực sự cảm thấy khá vui sướng về việc có rất nhiều nhà vật lý trẻ tiếp tục làm việc với thuyết dây, bởi vì nó khiến họ không quấy rầy ông. Khi được hỏi về nhận xét của Witten rằng thuyết dây có thể thống trị vật lý trong năm mươi năm kế tiếp, giống như cách mà cơ học lượng tử đã thống trị trong năm mươi năm qua, ông trả lời rằng thuyết dây sẽ thống trị vật lý giống như cách mà thuyết Kaluza-Klein(1) (mà ông coi là "kỳ cục") đã thống trị vật lý trong năm mươi năm qua, một điều hoàn toàn không xảy ra. Ông đã cố gắng để các nhà lý luận thuyết dây ở bên ngoài Harvard. Tuy nhiên, khi thế hệ các nhà vật lý kế tiếp đã chuyển sang thuyết dây, ngay cả tiếng nói đơn độc của một người đoạt giải Nobel

---

1. Thuyết thống nhất trường hấp dẫn và trường điện từ, sử dụng không gian năm chiều, do nhà toán học Đức Kaluza công bố năm 1921 và được nhà vật lý Thụy Điển Klein hoàn thiện năm 1926.

cũng nhanh chóng bị át đi. (Kể từ đó Harvard đã thuê mướn vài nhà lý luận thuyết dây trẻ tuổi.)

BẢN NHẠC CỦA VŨ TRỤ

Einstein đã từng nói rằng nếu một thuyết không đưa ra được một bức tranh vật lý mà ngay cả một đứa trẻ cũng có thể hiểu, thì nó có lẽ là thuyết vô dụng. May mắn thay, phía sau thuyết dây là một bức tranh vật lý đơn giản, một bức tranh dựa trên âm nhạc.

Theo thuyết dây, nếu bạn có một siêu kính hiển vi và có thể nhòm ngó vào trong lõi của một electron, bạn sẽ thấy không phải là một hạt điểm mà là một sợi dây đang rung. (Sợi dây này cực kỳ nhỏ, ở thang độ dài Planck 10^{-33} cm, nhỏ hơn một proton một tỉ tỉ lần, vì vậy tất cả các hạt hạ nguyên tử có vẻ giống như các điểm.) Nếu chúng ta gảy sợi dây này, rung động sẽ thay đổi; electron có thể biến thành notrino. Gảy nó một lần nữa thì nó có thể biến thành một quark. Trên thực tế, nếu bạn gảy đủ nhiều, nó có thể biến thành bất kỳ hạt hạ nguyên tử nào đã biết. Theo cách này, thuyết dây có thể dễ dàng giải thích tại sao lại có rất nhiều hạt hạ nguyên tử đến thế. Chúng chỉ là các "nốt" khác nhau mà người ta có thể chơi trên một siêu dây. Tương tự, trên một dây đàn vĩ cầm các nốt la hay si hoặc đô thăng không phải là yếu tố cơ bản. Đơn giản bằng cách gảy sợi dây theo các cách khác nhau, chúng ta có thể phát ra tất cả các nốt của một thang âm. Chẳng hạn, si giáng không phải là nốt cơ bản hơn so với nốt son. Tất cả chúng chỉ đơn thuần là các nốt trên dây đàn vĩ cầm. Cũng theo cách đó, các electron và các quark không phải là yếu tố cơ bản, mà dây mới là cơ bản. Trên thực tế, tất cả các hạt hạ nguyên tử của vũ trụ có thể được xem xét chẳng là gì khác ngoài các rung động khác nhau của dây. Các "hòa âm" của dây là các định luật vật lý.

Các dây có thể tương tác bằng cách chia ra và hợp lại, theo cách ấy tạo ra các tương tác mà chúng ta thấy giữa electron và proton trong nguyên tử. Theo cách này, thông qua thuyết dây, chúng ta có thể tái tạo mọi định luật của vật lý nguyên tử và hạt nhân. Những "giai điệu" có thể được viết trên các dây tương ứng với các định luật hóa học. Bây giờ vũ trụ có thể được xem xét như là một bản giao hưởng lớn của các dây.

Thuyết dây không chỉ giải thích các hạt của thuyết lượng tử như là các nốt nhạc của vũ trụ, nó cũng giải thích thuyết tương đối rộng của Einstein - rung động thấp nhất của dây, một hạt spin 2 với khối lượng bằng 0, có thể được diễn giải là graviton, tức hạt hay lượng tử hấp dẫn. Nếu tính toán tương tác của các graviton, chúng ta tìm thấy chính xác thuyết hấp dẫn thân quen của Einstein dưới dạng lượng tử. Khi dây di chuyển, đứt vỡ và tái hình thành, nó tạo ra các giới hạn to lớn lên không-thời gian. Khi chúng ta phân tích các ràng buộc này, chúng ta lại thấy thuyết tương đối rộng thân quen của Einstein. Như thế, thuyết dây giải thích gọn gàng thuyết của Einstein mà không cần bổ sung thêm gì cả. Edward Witten đã nói rằng nếu như Einstein không bao giờ khám phá ra thuyết tương đối, thì thuyết của ông chắc có lẽ được phát hiện dưới dạng một phụ phẩm của thuyết dây. Theo nghĩa nào đó thì thuyết tương đối rộng là không mất phí.

Vẻ đẹp của thuyết dây là ở chỗ nó có thể được so sánh với âm nhạc. Âm nhạc cho ta phép ẩn dụ có thể hiểu được bản chất của vũ trụ, ở cả cấp độ hạ nguyên tử lẫn cấp độ vũ trụ. Như nhạc công vĩ cầm trứ danh Yehudi Menuhin đã từng viết: "Âm nhạc tạo ra trật tự từ hỗn độn; vì nhịp điệu áp đặt tính đồng nhất vào sự phân kỳ; giai điệu áp đặt tính liên tục vào sự rời rạc, và hòa âm áp đặt tính tương hợp vào sự bất hợp."*

Einstein thường viết rằng nghiên cứu của ông về một thuyết trường thống nhất cuối cùng sẽ cho phép ông "đọc được Ý Chúa". Nếu thuyết dây là chính xác, hiện nay chúng ta thấy rằng Ý nghĩ của Chúa tương ứng với bản nhạc vũ trụ đang âm vang trong khắp siêu không gian mười chiều. Như Gottfried Leibniz đã từng nói: "Âm nhạc là bài tập số học ẩn của một tâm hồn không ý thức được rằng nó đang tính toán."*

Trong lịch sử, mối liên hệ giữa âm nhạc và khoa học đã sớm được tôi rèn vào thế kỷ 5 TCN, khi những người Hy Lạp theo trường phái Pythagoras phát hiện ra các quy luật hòa âm và quy giản chúng dưới dạng toán học. Họ thấy rằng âm sắc (tông) của một dây đàn lia tương ứng với chiều dài của nó. Nếu người ta tăng gấp đôi chiều dài dây đàn, thì nốt nhạc giảm xuống đủ một quãng tám. Nếu chiều dài của dây giảm hai phần ba, thì âm sắc thay đổi một phần năm. Do đó, các quy luật của âm nhạc và hòa âm có thể được biến đổi thành các quan hệ chính xác giữa các con số. Không ngạc nhiên khi khẩu hiệu của những người theo trường phái Pythagoras là: "Mọi vật đều là số". Ban đầu, họ quá hài lòng với kết quả này tới mức đã áp dụng các quy luật hòa âm trên cho toàn thể vũ trụ. Nỗ lực của họ đã thất bại vì sự phức tạp vô cùng của vật chất. Tuy nhiên, ở chừng mực nào đó, với thuyết dây, các nhà vật lý đang ngược trở về với giấc mơ của Pythagoras.

Bình luận về liên kết lịch sử này, Jamie James từng nói: "Âm nhạc và khoa học đã [từng có thời] được đồng nhất hóa sâu sắc tới mức bất cứ ai cho rằng giữa chúng có sự khác biệt cơ bản có thể bị coi là một kẻ ngu dốt, [nhưng bây giờ] nếu ai đó đề xuất rằng hai lĩnh vực có điểm chung nào đó thì có nguy cơ bị giễu là một kẻ mông muội bởi một phe và một kẻ nghiệp dư bởi phe kia - và cách chửi bới nặng nhất là bị cả hai phe coi là một kẻ làm thô thiển cả hai thứ."*

CÁC VẤN ĐỀ TRONG SIÊU KHÔNG GIAN

Nhưng nếu các chiều bậc cao hơn thực sự tồn tại trong tự nhiên và không chỉ trong toán học thuần túy, thì lý thuyết gia về thuyết dây phải đối mặt với cùng một vấn đề đã dai dẳng bám theo Theodor Kaluza và Felix Klein từ năm 1921 khi họ công thức hóa thuyết chiều bậc cao hơn lần đầu tiên: các chiều bậc cao hơn này nằm ở đâu?

Kaluza, một nhà toán học trước đây ít người biết tiếng, đã viết một bức thư gửi cho Einstein đề xuất trình bày công thức các phương trình Einstein trong năm chiều (một chiều thời gian và bốn chiều không gian). Về mặt toán học, điều này không khó, vì các phương trình Einstein có thể được dễ dàng viết ra cho bất kỳ chiều nào. Nhưng lá thư chứa một nhìn nhận độc đáo: nếu chia tách thủ công các bộ phận bốn chiều chứa trong các phương trình năm chiều, bạn sẽ tự nhiên thấy, gần như bởi phép màu, thuyết ánh sáng của Maxwell! Nói cách khác, thuyết lực điện từ Maxwell nhảy ngay ra khỏi các phương trình hấp dẫn của Einstein nếu chúng ta chỉ đơn thuần bổ sung thêm chiều thứ năm. Mặc dù chúng ta không thể nhìn thấy chiều thứ năm, nhưng các gợn sóng có thể hình thành trên chiều thứ năm, chúng tương ứng với các sóng ánh sáng! Đây là một kết quả hài lòng, vì các thế hệ nhà vật lý và kỹ sư đã phải ghi nhớ các phương trình khó nhớ của Maxwell trong suốt 150 năm qua. Bây giờ, các phương trình phức tạp này hiện lên dễ dàng như là các rung động đơn giản nhất người ta có thể thấy trong chiều thứ năm.

Hãy tưởng tượng một con cá bơi trong một cái ao nông, ngay dưới các tấm lá súng, nghĩ rằng "vũ trụ" của chúng chỉ có hai chiều. Thế giới ba chiều của chúng ta có thể vượt ra ngoài tầm mắt của chúng. Nhưng có một cách mà theo đó chúng có thể phát hiện sự tồn tại của chiều thứ ba. Nếu trời mưa, chúng có thể nhìn thấy rõ ràng các hình bóng của các gợn sóng đang di chuyển dọc theo bề mặt ao. Tương tự như vậy, chúng ta không thể thấy chiều thứ năm, nhưng các gợn sóng trong chiều thứ năm xuất hiện đối với chúng ta dưới dạng ánh sáng.

(Thuyết của Kaluza là một khám phá đẹp và sâu sắc về sức mạnh của tính đối xứng. Người ta sau đó đã chỉ ra rằng nếu chúng ta thêm nhiều chiều hơn nữa vào thuyết của Einstein và làm cho chúng rung động, thì các rung động chiều bậc cao này tái sản sinh ra các boson W và boson Z và các gluon tìm thấy trong các lực hạt nhân yếu và mạnh! Nếu chương trình do Kaluza chủ trương là chính xác, thì vũ trụ dường như đơn giản hơn nhiều so với người ta nghĩ trước đây. Các chiều với bậc ngày càng cao rung động đơn giản đã tái tạo nhiều loại lực trong số các lực điều khiển thế giới.)

Mặc dù Einstein đã bị sốc bởi kết quả này, nhưng nó hay ho đến mức khó tin là đúng. Qua nhiều năm, các vấn đề được phát hiện cho thấy rằng ý tưởng mà Kaluza đã nêu ra là vô tích sự. Thứ nhất, thuyết này chứa đựng đầy các phân kỳ và các dị thường, điển hình cho các thuyết hấp dẫn lượng tử. Thứ hai, nảy sinh câu hỏi vật lý gây bối rối hơn nhiều: tại sao chúng ta không thấy chiều thứ năm? Khi bắn các mũi tên lên trời, chúng ta không thấy chúng biến mất vào chiều đó. Hãy hình dung một làn khói từ từ lan tỏa vào mọi khu vực của không gian. Vì người ta chưa bao giờ quan sát thấy làn khói biến mất vào một chiều bậc cao hơn, nên các nhà vật lý nhận ra rằng các chiều bậc cao hơn, nếu như chúng tồn tại, thì phải nhỏ hơn cả một nguyên tử. Mặc dù trong thế kỷ vừa qua các nhà thần bí học và các nhà toán học đã ấp ủ ý tưởng về các chiều bậc cao hơn, nhưng các nhà vật lý đã nhạo báng ý tưởng này, vì chưa một ai từng thấy các vật thể tiến vào một chiều bậc cao hơn.

Để cứu vãn thuyết này, các nhà vật lý đã đề xuất rằng các chiều bậc cao này nhỏ tới mức người ta không thể quan sát được chúng trong tự nhiên. Vì thế giới của chúng ta là một thế giới bốn chiều, nên chiều thứ năm phải bị cuộn lại thành một vòng tròn nhỏ còn nhỏ hơn cả một nguyên tử, quá nhỏ để quan sát được bằng thực nghiệm.

Thuyết dây cũng phải đương đầu với một vấn đề tương tự. Chúng ta phải cuộn các chiều bậc cao không mong muốn này lại thành một quả cầu nhỏ (một quá trình được gọi là compact hóa). Theo thuyết dây, vũ trụ ban đầu là mười chiều, với tất cả mọi lực được thống nhất bởi dây. Tuy nhiên, siêu không gian mười chiều là không ổn định, và sáu trong mười chiều đã bắt đầu cuộn lại thành một quả cầu nhỏ, để mặc bốn chiều khác dãn nở ra ngoài trong một vụ nổ lớn. Lý do mà chúng ta không thấy các chiều khác này là ở chỗ chúng nhỏ hơn nhiều so với một nguyên tử, và vì thế không gì có thể len vào bên trong chúng. (Ví dụ, một ống dẫn nước tưới vườn và một ống hút, nhìn từ xa, dường như là các vật thể một chiều được xác định bằng chiều dài của chúng. Nhưng nếu kiểm tra chúng gần hơn, người ta thấy rằng chúng thực sự là các bề mặt hay các khối trụ hai chiều, nhưng chiều thứ hai đã bị cuộn lại sao cho người ta không nhìn thấy nó.)

TẠI SAO LÀ DÂY?

Mặc dù các cố gắng trước đây nhắm vào một thuyết trường thống nhất đã thất bại, nhưng thuyết dây vẫn vượt qua mọi thách thức. Trên thực tế, nó không có đối thủ. Có hai lý do giải thích tại sao thuyết dây lại thành công trong khi hàng mớ các thuyết khác đã thất bại.

Thứ nhất, thuyết dây dựa trên một vật thể kéo dài (dây), nên nó tránh được nhiều phân kỳ gắn với các hạt điểm. Như Newton đã nhận xét, lực hấp dẫn xung quanh một hạt điểm trở nên vô hạn khi chúng ta tới gần nó. (Trong định luật bình phương nghịch đảo nổi tiếng của Newton, lực hấp dẫn gia tăng theo tỉ lệ $1/r^2$, sao cho nó vọt tới vô hạn khi chúng ta tới gần hạt điểm - nghĩa là, khi r tiến tới 0 thì lực hấp dẫn gia tăng và tiến tới 1/0, nghĩa là vô hạn).

Ngay cả trong một thuyết lượng tử, lực này vẫn là vô hạn khi chúng ta tới gần một hạt điểm lượng tử. Trong nhiều thập kỷ, một loạt các quy tắc bí hiểm đã được Feynman và nhiều người khác nghĩ ra để giấu vào chỗ khuất các phân kỳ này và nhiều loại phân kỳ khác. Nhưng đối với một thuyết hấp dẫn lượng tử, ngay Feynman nghĩ ra cả trăm phương nghìn kế vẫn không đủ để loại bỏ tất cả các vô hạn trong thuyết này. Vấn đề là các hạt điểm vô cùng nhỏ, đồng nghĩa với việc các lực và năng lượng của chúng là tiềm tàng vô hạn.

Nhưng khi phân tích cẩn trọng thuyết dây, chúng ta tìm thấy hai cơ chế có thể loại bỏ các phân kỳ này. Cơ chế thứ nhất là do tô pô của các dây; cơ chế thứ hai do tính đối xứng của nó, được gọi là tính siêu đối xứng.

Tô pô của dây hoàn toàn khác với tô pô của các hạt điểm, vì thế mà các phân kỳ cũng hoàn toàn khác. (Đại thể, vì dây có một chiều dài hữu hạn, nên các lực không vọt tới vô hạn khi chúng ta tới gần dây. Tiến gần tới dây, các lực chỉ gia tăng tới $1/L^2$, trong đó L là chiều dài của dây, cùng cấp độ với thang độ dài Planck là 10^{-33} cm. Chiều dài L này đóng vai trò cắt đứt các phân kỳ.) Vì một dây không những không phải là một hạt điểm mà còn có một kích thước xác định, người ta có thể chỉ ra rằng các phân kỳ bị "chặn đứng" dọc theo dây, vì thế tất cả các đại lượng vật lý trở thành hữu hạn.

Mặc dù theo trực giác thì có vẻ rõ ràng là các phân kỳ của thuyết dây bị chặn đứng và trở nên hữu hạn, biểu thức toán học chính xác của thực tế này là rất khó xác định và được cho bởi "hàm môđun eliptic", một trong những hàm kỳ lạ nhất trong toán học, với một lịch sử quyến rũ tới mức nó đã đóng vai trò quan trọng trong một bộ phim của Hollywood. *Good Will Hunting* (Will Hunting tài giỏi) là câu chuyện về một đứa trẻ thuộc giai cấp lao động nghèo khó lớn lên từ các con hẻm tại Cambridge⁽¹⁾, do Matt Damon đóng vai, sở hữu các khả năng toán học đáng kinh ngạc. Khi không tham gia vào các cuộc đấm đá với những tên vô lại trong vùng, cậu làm người dọn dẹp vệ sinh tại MIT. Các giáo sư tại MIT bị sốc khi thấy rằng kẻ giang hồ đường phố này thực sự là một thiên tài toán học có thể dễ dàng viết ngay lời giải cho các bài toán hóc búa. Khi nhận ra rằng kẻ giang hồ này đã tự học toán cao cấp, một trong số họ thốt lên rằng cậu là "Ramanujan kế tiếp".

Quả thật, *Good Will Hunting* phỏng theo cuộc đời của Srinivasa Ramanujan, thiên tài toán học vĩ đại nhất trong thế kỷ 20, một người đã lớn lên trong nghèo đói và biệt lập gần thành phố Madras, Ấn Độ, trên ngưỡng cửa thế kỷ vừa qua. Sống biệt lập nên ông đã phải tự mình thu gom phần lớn kiến thức toán học châu Âu thế kỷ 19. Sự nghiệp của ông đã giống như một sao siêu mới, lóe sáng trên bầu trời bằng tài hoa toán học của mình. Thật bi thương, ông qua đời vì bệnh lao vào năm 1920 ở độ tuổi ba mươi bảy. Cũng giống như Matt Damon trong *Good Will Hunting*, ông đã mơ tưởng về các phương trình toán học, trong trường hợp này là hàm môđun eliptic, có các tính chất toán học kỳ lạ nhưng đẹp đẽ, nhưng chỉ trong hai mươi tư chiều. Các nhà toán học vẫn đang cố gắng để giải mã "các sổ ghi chép đã mất của Ramanujan" được tìm thấy sau khi ông mất. Nhìn lại công trình của Ramanujan, chúng ta thấy rằng nó có thể được tổng quát hóa tới tám chiều, nên có thể áp dụng trực tiếp vào thuyết dây. Các nhà vật lý bổ sung thêm hai chiều để xây dựng một thuyết vật lý. (Chẳng hạn, các kính râm phân cực ứng dụng việc ánh sáng có hai phân cực vật lý, nó có thể rung động trái-phải

---

(1) Tác giả nhầm địa điểm. Thực tế trong phim là Boston.

hoặc lên-xuống. Nhưng công thức toán học của ánh sáng trong phương trình Maxwell lại được cho với bốn thành phần. Hai trong số bốn rung động này thực ra là dư thừa.) Khi chúng ta bổ sung thêm hai chiều nữa vào các hàm của Ramanujan, các "số ma thuật" của toán học trở thành 10 và 26, chính xác là các "số ma thuật" của thuyết dây. Vì thế ở chừng mực nào đó thì Ramanujan đã tạo ra thuyết dây trước Đại chiến thế giới lần thứ nhất!

Các tính chất thần thoại của các hàm môđun eliptic này giải thích tại sao thuyết này phải tồn tại trong mười chiều. Chỉ trong đúng số chiều đó thì hầu hết các phân kỳ gây nhiều khó khăn cho các thuyết khác mới biến mất, y như thể có ma thuật vậy. Nhưng tô pô của các dây tự nó không đủ mạnh để loại bỏ tất cả các phân kỳ. Các phân kỳ còn lại của thuyết này được loại bỏ bằng đặc điểm thứ hai của thuyết dây là tính đối xứng của nó.

TÍNH SIÊU ĐỐI XỨNG

Dây sở hữu một vài các đối xứng lớn nhất đã được khoa học biết đến. Trong chương bốn, khi bàn về lạm phát và Mô hình Chuẩn, chúng ta thấy rằng tính đối xứng cho chúng ta một cách thức đẹp đẽ để sắp xếp các hạt hạ nguyên tử vào các mô hình vừa mắt và tao nhã. Ba loại quark có thể được sắp xếp theo tính đối xứng SU(3), mà nó trao đổi ba quark với nhau. Người ta tin rằng trong thuyết thống nhất lớn, năm loại quark và lepton có thể được sắp xếp theo tính đối xứng SU(5).

Trong thuyết dây, các đối xứng này triệt tiêu các phân kỳ và các dị thường còn sót lại của thuyết. Vì các đối xứng nằm trong số các công cụ đẹp nhất và mạnh nhất trong tầm tay của chúng ta, nên người ta mong chờ rằng thuyết vũ trụ này phải có tính đối xứng tao nhã nhất và mạnh nhất mà khoa học đã biết tới. Sự lựa chọn hợp lý là một tính đối xứng trao đổi không chỉ các quark, mà là tất cả các hạt tìm thấy trong tự nhiên - có nghĩa là, các phương trình vẫn như cũ, nếu chúng ta hoán đổi tất cả các hạt hạ nguyên tử với nhau. Điều này miêu tả chính xác tính đối xứng của siêu dây, được gọi là tính siêu đối xứng.* *Nó là tính* *đối xứng duy nhất trao đổi mọi hạt hạ nguyên tử đã biết trong vật lý.* Điều này làm cho nó trở thành ứng viên đối xứng lý tưởng có thể sắp xếp tất cả các hạt trong vũ trụ thành một khối thống nhất duy nhất và tao nhã.

Nếu nhìn vào các lực và các hạt của vũ trụ, chúng ta thấy tất cả chúng được chia thành hai loại: các "fermion" và các "boson", tùy theo spin. Chúng thể hiện vai trò như những con quay nhỏ xíu đang quay, có thể quay ở các tốc độ khác nhau. Chẳng hạn, photon, một hạt ánh sáng làm trung gian của lực điện từ, có spin bằng 1. Các lực hạt nhân yếu và mạnh có các boson W và gluon làm trung gian, cũng có spin bằng 1. Graviton, hạt hấp dẫn, có spin bằng 2. Tất cả những hạt nào có spin bằng các số nguyên được gọi là các boson. Tương tự, các hạt vật chất được miêu tả bằng các hạt hạ nguyên tử với spin bằng nửa số nguyên - 1/2, 3/2, 5/2 v.v. (Các hạt với các spin bằng nửa số nguyên được gọi là các fermion và bao gồm electron, notrino và các quark.) Vì vậy, tính siêu đối xứng tượng trưng tao nhã cho tính hai mặt giữa các boson và các fermion, giữa các lực và vật chất.

Trong một thuyết siêu đối xứng, tất cả các hạt hạ nguyên tử đều có một đối tác: mỗi fermion cặp đôi với một boson. Mặc dù chúng ta chưa bao giờ thấy các đối tác siêu đối xứng này trong tự nhiên, các nhà vật lý đã đặt tên cho đối tác của electron là "selectron", với spin bằng 0. (Các nhà vật lý thêm một chữ "s" để miêu tả các siêu đối tác của một hạt.) Các tương tác yếu bao gồm các hạt được gọi là các lepton; các siêu đối tác của chúng được gọi là các slepton. Tương tự, quark có thể có một đối tác với spin bằng 0 được gọi là squark. Nói chung, các đối tác của các hạt đã biết (quark, lepton, graviton, photon v.v.) được gọi là các s-hạt, hoặc các siêu hạt. Các siêu hạt này vẫn chưa được tìm thấy trong các máy đập vỡ nguyên tử (có lẽ vì các cỗ máy của chúng ta không đủ mạnh để tạo ra chúng).

Nhưng vì tất cả các hạt hạ nguyên tử hoặc là fermion hoặc là boson, nên một thuyết siêu đối xứng có tiềm năng hợp nhất tất cả các hạt hạ nguyên tử đã biết thành một tính đối xứng đơn giản. *Bây giờ chúng ta có một tính đối xứng đủ lớn để bao gồm toàn thể vũ trụ.*

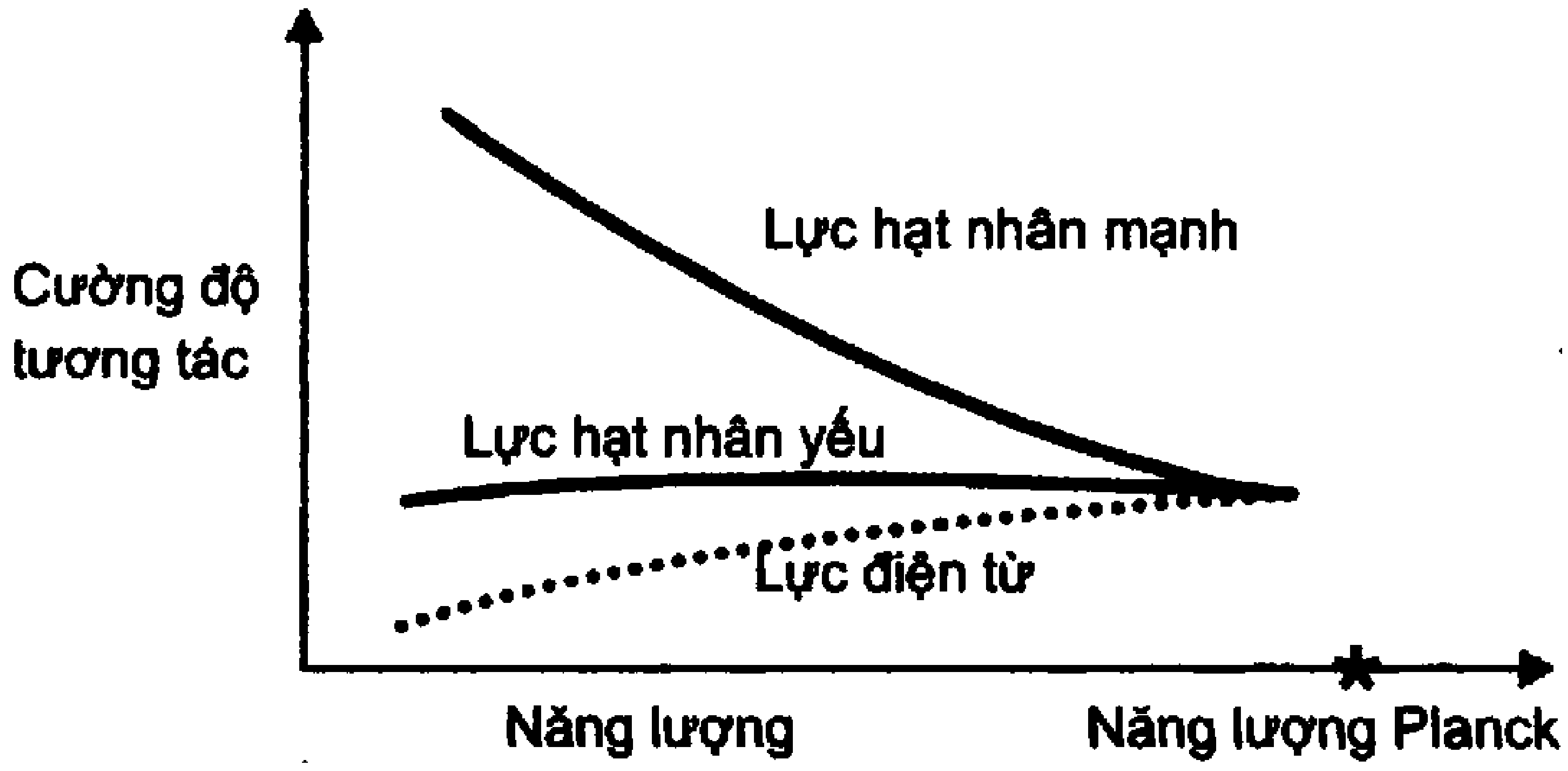
Bạn hãy hình dung về một bông tuyết. Giả sử mỗi nhánh trong sáu nhánh của bông tuyết tương ứng với một hạt hạ nguyên tử, với một boson và một fermion xen kẽ nhau. Vẻ đẹp của "siêu bông tuyết" này là khi chúng ta xoay nó, nó vẫn không thay đổi. Theo cách này, siêu bông tuyết hợp nhất tất cả các hạt và các siêu hạt của chúng. Vì vậy, nếu chúng ta cố gắng để xây dựng một thuyết trường thống nhất giả thuyết với chỉ sáu hạt, một ứng viên tự nhiên sẽ là siêu bông tuyết này.

Tính siêu đối xứng giúp loại bỏ các vô hạn còn lại đang là tai họa chết chóc đối với các thuyết khác. Chúng ta đã đề cập trước đó rằng hầu hết các phân kỳ được loại bỏ vì tô pô của dây - nghĩa là, vì dây có chiều dài hữu hạn, nên các lực không vọt tới vô hạn khi chúng ta tới gần nó. Khi chúng ta kiểm tra các phân kỳ còn lại, chúng ta thấy rằng chúng thuộc hai loại, phát sinh từ các tương tác của các hạt boson và các hạt fermion. Tuy nhiên, hai thành phần này luôn luôn xuất hiện với các dấu ngược nhau, vì thế đóng góp của boson triệt tiêu chính xác đóng góp của fermion. Nói cách khác, vì các thành phần fermion và boson luôn trái dấu nhau, nên các vô hạn còn lại của thuyết triệt tiêu lẫn nhau. Vì vậy, tính siêu đối xứng không vượt ra ngoài vai trò làm đẹp cho lý thuyết; nó không chỉ là sự đối xứng bắt mắt về mặt thẩm mỹ vì hợp nhất được tất cả các hạt của tự nhiên, mà nó còn là cần thiết trong việc triệt tiêu các phân kỳ của thuyết dây.

Chúng ta hãy nhớ lại sự tương đồng với hình tượng thiết kế một tên lửa trơn láng, trong đó các rung động ở cánh có thể gia tăng và cuối cùng xé rách các cánh. Một giải pháp là khai thác sức mạnh của tính đối xứng, để thiết kế lại các cánh sao cho các rung động trong một cánh triệt tiêu các rung động trong cánh kia. Khi một cánh rung động theo chiều kim đồng hồ, thì cánh kia rung động ngược chiều kim đồng hồ, triệt tiêu rung động thứ nhất. Vì thế tính đối xứng của tên lửa này, thay vì chỉ là một công cụ nhân tạo, mang tính nghệ thuật, phải là công cụ cốt yếu để triệt tiêu và cân bằng các ứng suất trên các cánh. Tương tự như vậy, tính siêu đối xứng triệt tiêu các phân kỳ bởi các phần của boson và của fermion triệt tiêu lẫn nhau.

(Tính siêu đối xứng cũng giải quyết một loạt các vấn đề kỹ thuật cao vốn làm tiêu vong thuyết thống nhất lớn. Những chi tiết thiếu nhất quán toán học rắc rối trong thuyết thống nhất lớn đòi hỏi tính siêu đối xứng để loại bỏ chúng.)*

Mặc dù tính siêu đối xứng thể hiện một ý tưởng đầy thuyết phục, nhưng hiện tại hoàn toàn không có bằng chứng thực nghiệm hỗ trợ nó. Có lẽ bởi các siêu đối tác của các electron và proton quen thuộc quá nặng, không thể được tạo ra trong các máy gia tốc hạt hiện nay. Tuy nhiên, có một mẩu bằng chứng trêu ngươi chỉ ra con đường dẫn tới tính siêu đối xứng. Hiện giờ chúng ta biết rằng cường độ của ba lực lượng tử là hoàn toàn khác nhau. Trên thực tế, ở cấp độ năng lượng thấp, lực hạt nhân mạnh mạnh hơn lực hạt nhân yếu 30 lần, và mạnh hơn lực điện từ 100 lần. Tuy nhiên, không phải bao giờ cũng như vậy. Tại thời khắc vụ nổ lớn, chúng ta ngờ rằng cả ba lực này có cường độ bằng nhau.



Cường độ của các lực hạt nhân yếu, lực hạt nhân mạnh và lực điện từ là hoàn toàn khác nhau trong thế giới hằng ngày của chúng ta. Tuy nhiên, ở cấp độ năng lượng tìm thấy gần vụ nổ lớn, cường độ của các lực này phải hội tụ hoàn hảo. Sự hội tụ này diễn ra nếu chúng ta có một thuyết siêu đối xứng. Vì vậy, tính siêu đối xứng có thể là một yếu tố then chốt trong bất kỳ thuyết trường thống nhất nào.

Giải ngược trở lại, các nhà vật lý có thể tính toán được cường độ của chúng tại lúc thời gian bắt đầu. Bằng cách phân tích Mô hình Chuẩn, các nhà vật lý thấy rằng cường độ của ba lực này dường như hội tụ ở gần thời điểm vụ nổ lớn. Nhưng chúng không chính xác bằng nhau. Tuy nhiên, khi người ta bổ sung tính siêu đối xứng, cả ba lực phù hợp hoàn hảo và có cường độ bằng nhau, chính xác bằng những gì mà một thuyết trường thống nhất sẽ đề xuất. Mặc dù điều này không phải là bằng chứng trực tiếp của tính siêu đối xứng, nhưng ít nhất nó cho thấy tính siêu đối xứng là nhất quán với thứ vật lý đã biết.

RÚT RA MÔ HÌNH CHUẨN

Mặc dù các siêu dây không có các tham số có thể điều chỉnh được, nhưng thuyết dây có thể cung cấp các giải pháp rất gần với Mô hình Chuẩn, với các tập hợp pha tạp của các hạt hạ nguyên tử kỳ quái và mười chín tham số tự do của nó (như khối lượng của hạt và cường độ bắt cặp của chúng). Ngoài ra, Mô hình Chuẩn có ba bản sao y hệt nhau và dư thừa của tất cả các quark và các lepton, điều dường như hoàn toàn không cần thiết. May mắn thay, thuyết dây có thể dễ dàng rút ra nhiều đặc điểm định tính của Mô hình Chuẩn. Nó gần giống như nhận được một cái gì đó miễn phí. Năm 1984, Philip Candelas từ Đại học Texas, Gary Horowitz và Andrew Strominger từ Đại học California tại Santa Barbara, và Edward Witten đã chỉ ra rằng nếu bạn "gói" trọn sáu trong mười chiều của thuyết dây và vẫn bảo toàn tính siêu đối xứng trong bốn chiều còn lại, thì thế giới nhỏ sáu chiều có thể được miêu tả bằng cái mà các nhà toán học gọi là đa tạp Calabi-Yau(1). Bằng cách lựa chọn đơn giản vài không gian Calabi-Yau, họ đã chỉ ra rằng tính đối xứng của dây có thể được phân chia nhỏ tới một thuyết khá gần với Mô hình Chuẩn.

Theo cách này, thuyết dây cung cấp cho chúng ta một câu trả lời đơn giản như tại sao Mô hình Chuẩn có ba thế hệ dư thừa. Trong thuyết dây, số lượng các thế hệ hay các dư thừa trong mô hình quark có liên quan tới số "lỗ" chúng ta có trong đa tạp Calabi-Yau. (Chẳng hạn, loại bánh rán có lỗ thủng ở giữa (doughnut), một cái săm xe và một cốc cà phê đều là các bề mặt

---

1. Đa tạp đặt theo tên của hai nhà toán học Mỹ Eugenio Calabi (1923-) và Shing Tung Yau (Khâu Thành Đồng) (1949-).

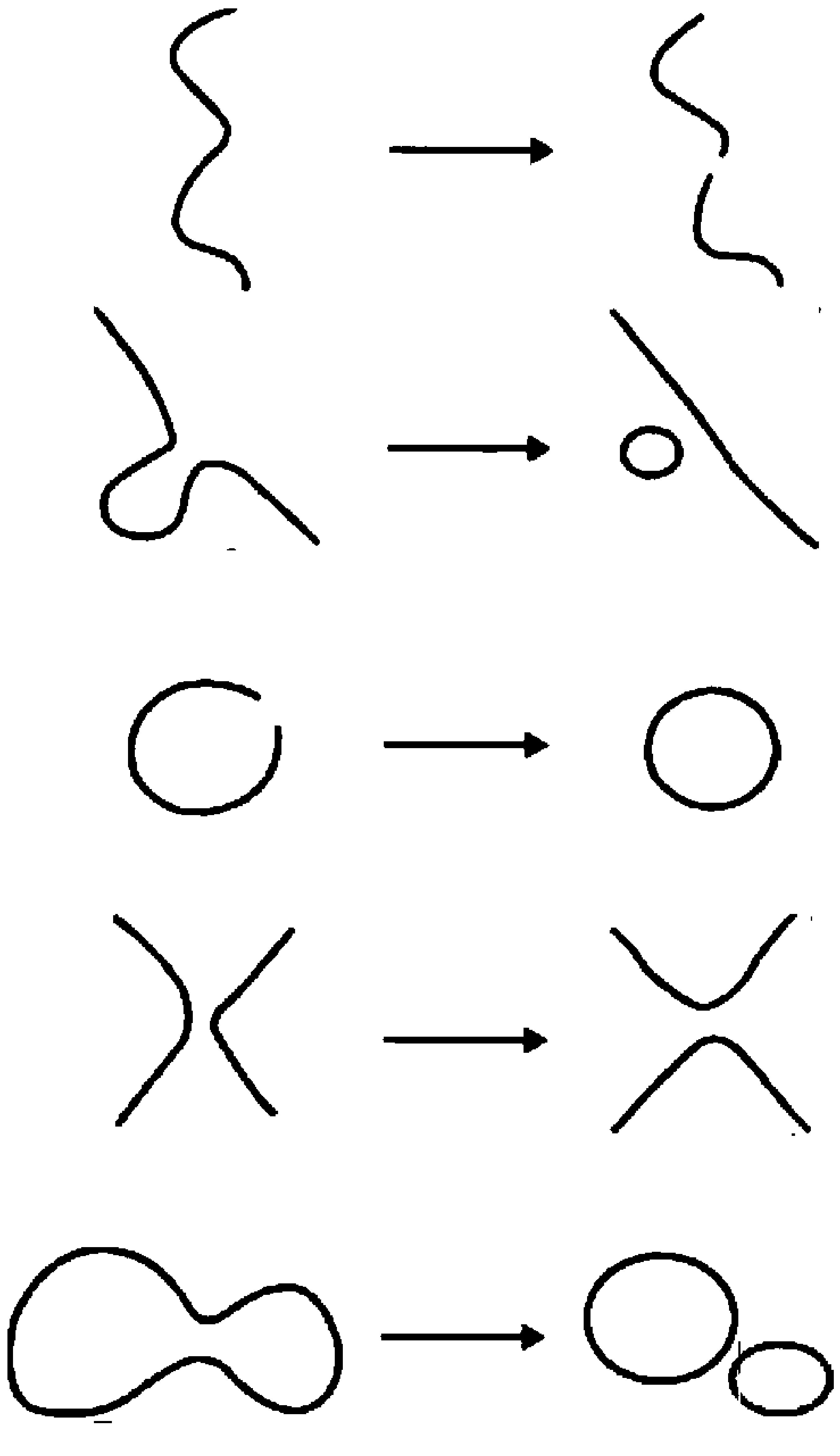
có một lỗ. Một gọng kính có hai lỗ. Các bề mặt Calabi-Yau có thể có số lỗ tùy ý.) Vì thế, bằng cách đơn giản chọn đa tạp Calabi-Yau có một lượng lỗ nhất định, chúng ta có thể xây dựng một Mô hình Chuẩn với các thế hệ khác nhau của các quark dư thừa. (Vì chúng ta không bao giờ nhìn thấy không gian Calabi-Yau do nó quá nhỏ, chúng ta cũng không bao giờ thấy rằng không gian này có các lỗ giống như của bánh rán doughnut trong nó.) Qua năm tháng, nhiều nhóm nhà vật lý đã cố gắng một cách cam go để lập ra danh mục tất cả các không gian Calabi-Yau có thể có, để nhận ra rằng tô pô của không gian sáu chiều này xác định các quark và các lepton của vũ trụ bốn chiều của chúng ta.

THUYẾT M

Sự phấn khích mà thuyết dây tạo ra hồi năm 1984 không thể kéo dài mãi mãi. Vào giữa thập niên 1990, cao trào ủng hộ siêu dây đã dần dần giảm nhiệt trong giới vật lý. Những vấn đề dễ dàng mà thuyết này đề ra đã bị loại bỏ, còn lại những vấn đề gai góc. Một trong những vấn đề như vậy là hàng tỉ lời giải của các phương trình dây đã được phát hiện. Bằng cách compact hóa hoặc cuộn không-thời gian lại theo các cách khác nhau, các lời giải dây có thể được viết ra trong chiều bất kỳ, chứ không chỉ là bốn. Mỗi một lời giải trong hàng tỉ lời giải của thuyết dây tương ứng với một vũ trụ tự nhất quán về mặt toán học.

Các nhà vật lý đột nhiên ngập chìm trong các lời giải dây. Đáng chú ý, nhiều vũ trụ trong số này rất giống với vũ trụ của chúng ta. Nếu lựa chọn một không gian Calabi-Yau thích hợp, thì có thể tái tạo nhiều đặc điểm lớn của Mô hình Chuẩn tương đối dễ dàng, với tập hợp kỳ lạ các quark và các lepton, thậm chí với tập hợp kỳ dị các bản sao dư thừa của nó. Tuy nhiên, (và hiện nay vẫn là một thách thức) tìm ra Mô hình Chuẩn chính xác, với các giá trị cụ thể của mười chín tham số và ba thế hệ dư thừa của nó là vô cùng khó. (Vô số các lời giải dây gây bối rối đã thực sự được các nhà vật lý tin vào ý tưởng đa vũ trụ chào đón, vì mỗi lời giải tương ứng với một vũ trụ song song hoàn toàn tự nhất quán. Nhưng điều khổ não là các nhà vật lý đã gặp rắc rối khi tìm kiếm chính xác vũ trụ của chính chúng ta trong rừng rậm các vũ trụ này.)

Một lý do mà việc này quá khó khăn là ở chỗ cuối cùng người ta phải phá vỡ tính siêu đối xứng, vì chúng ta không thấy tính siêu đối xứng trong thế giới năng lượng thấp của chúng ta. Chẳng hạn, trong tự nhiên chúng ta không thấy selectron, siêu đối tác của electron. Nếu tính siêu đối xứng không bị phá vỡ, thì khối lượng của mỗi hạt phải bằng khối lượng của siêu hạt của nó. Các nhà vật lý tin rằng tính siêu đối xứng đã bị phá vỡ, khiến các khối lượng của các siêu hạt là rất lớn, vượt quá tầm đo của các máy gia tốc hạt hiện nay. Nhưng hiện nay chưa một ai đưa ra được một cơ chế đáng tin cậy để phá vỡ tính siêu đối xứng.



Các dây kiểu I trải qua năm tương tác có thể, trong đó các dây có thể đứt gãy, nối lại và phân đôi. Đối với các dây khép kín, chỉ tương tác cuối cùng là cần thiết (tương tự như sự nguyên phân của các tế bào).

David Gross từ Viện Vật lý lý thuyết Kavli tại Santa Barbara đã nhận xét rằng có hàng triệu triệu lời giải cho thuyết dây trong ba chiều không gian, điều này tạo ra đôi chút lúng túng vì không có lựa chọn nào tốt trong số chúng.

Ngoài ra còn có các vấn đề đeo đẳng khác. Một trong những vấn đề gây bối rối nhất là đã có năm thuyết dây tự nhất quán. Khó mà tưởng tượng rằng vũ trụ có thể chịu đựng được năm thuyết trường thống nhất khác biệt. Einstein đã tin rằng Chúa không có sự lựa chọn trong việc tạo ra vũ trụ, vậy tại sao Chúa lại tạo ra những năm phiên bản?

Thuyết nguyên bản dựa trên công thức Veneziano miêu tả những gì được gọi là thuyết siêu dây kiểu I. Thuyết kiểu I dựa trên cả các dây mở (dây có hai đầu) cũng như các dây đóng (dây tròn). Đây là thuyết đã được nghiên cứu mạnh mẽ nhất trong đầu thập niên 1970. (Sử dụng thuyết trường dây, Kikkawa và tôi đã có thể lập danh lục cho một tập hợp hoàn chỉnh các tương tác dây kiểu I. Chúng tôi đã chỉ ra rằng các dây kiểu I đòi hỏi năm tương tác; còn đối với các dây đóng, thì chỉ cần một điều kiện tương tác).

Kikkawa và tôi cũng chỉ ra rằng có thể xây dựng các thuyết tự nhất quán hoàn toàn với chỉ các dây đóng (các dây giống hình thòng lọng). Ngày nay, các thuyết này được gọi là thuyết dây kiểu II, nơi các dây tương tác thông qua việc ngắt một dây tròn thành hai dây nhỏ hơn (tương tự như sự nguyên phân tế bào).

Thuyết dây thực tế nhất được gọi là dây ưu thế lai (heterotic string), được nhóm Princeton (bao gồm David Gross, Emil Martinec, Ryan Rohm và Jeffrey Harvey) phát biểu thành công thức. Các dây ưu thế lai có thể thích ứng với các nhóm đối xứng gọi là E(8) × E(8) hay O(32), là những nhóm đủ lớn để nuốt gọn các thuyết thống nhất lớn. Dây ưu thế lai dựa hoàn toàn vào các dây đóng. Trong các thập niên 1980 và 1990, khi các nhà khoa học đề cập tới siêu dây, họ đã ngụ ý đề cập tới dây ưu thế lai, vì nó đã đủ phong phú để cho phép người ta phân tích Mô hình Chuẩn và các thuyết thống nhất lớn. Chẳng hạn, nhóm đối xứng E(8) × E(8) có thể được chia nhỏ thành E(8), rồi E(6), là nhóm đủ lớn để bao gồm tính đối xứng SU(3) × SU(2) × U(1) của Mô hình Chuẩn.

BÍ ẨN CỦA SIÊU HẤP DẪN

Bên cạnh năm thuyết siêu dây, còn có một vấn đề đeo đẳng đã bị bỏ quên khi vội vàng tìm lời giải cho thuyết dây. Ngược trở lại năm 1976, ba nhà vật lý là Peter Van Nieuwenhuizen, Sergio Ferrara và Daniel Freedman, khi đó làm việc tại Đại học bang New York ở Stony Brook, đã phát hiện ra rằng thuyết hấp dẫn ban đầu của Einstein có thể trở thành siêu đối xứng nếu người ta chỉ đưa vào một trường mới, một siêu đối tác với trường hấp dẫn ban đầu (được gọi là [hạt] gravitino, nghĩa là [hạt] "graviton nhỏ", có spin bằng 3/2). Thuyết mới này được gọi là siêu hấp dẫn, và nó dựa trên các hạt điểm, chứ không phải các dây. Không giống như siêu dây, với chuỗi vô hạn các nốt và các cộng hưởng, siêu hấp dẫn chỉ có hai hạt. Năm 1978, Eugene Cremmer, Joël Scherk và Bernard Julia từ Trường Đại học Sư phạm Paris đã chỉ ra rằng siêu hấp dẫn tổng quát nhất có thể được viết ra trong mười một chiều. (Nếu chúng ta thử viết thuyết siêu hấp dẫn trong mười hai hay mười ba chiều, những chi tiết thiếu nhất quán toán học sẽ nảy sinh.) Cuối thập niên 1970 và đầu thập niên 1980, người ta đã nghĩ rằng siêu hấp dẫn có thể là thuyết trường thống nhất huyền thoại. Thuyết này thậm chí đã truyền cảm hứng để Stephen Hawking nói về "sự kết thúc của vật lý lý thuyết" đang hiển hiện trước mắt trong bài diễn văn nhậm chức giáo sư toán Lucas[1] tại Đại học Cambridge, cái ghế mà Isaac Newton đã từng giữ. Nhưng siêu hấp dẫn sớm vấp phải chính những vấn đề khó khăn đã giết chết các thuyết trước đó. Mặc dù nó có ít các vô hạn hơn so với thuyết trường thông thường, nhưng phân tích cuối cùng cho thấy siêu hấp dẫn không hữu hạn và có nguy cơ lỗ chỗ dấu vết các dị thường. Giống như tất cả các thuyết trường khác (trừ thuyết dây), nó đã tiêu tan ngay trước mặt các nhà khoa học.

---

[1] Đặt theo tên Đức cha Henry Lucas (1610-1663), hạ nghị sĩ, người tài trợ cho ghế giáo sư toán tại Đại học Cambridge.

Một thuyết siêu đối xứng khác có thể tồn tại trong mười một chiều là thuyết siêu màng. Tuy dây chỉ có một chiều xác định độ dài của nó, nhưng siêu màng có thể có hai chiều hay nhiều hơn vì nó biểu thị một bề mặt. Đáng chú ý, người ta cũng đã chỉ ra rằng hai kiểu màng (màng hai và màng năm) là tự nhất quán trong mười một chiều.

Tuy nhiên, các siêu màng cũng có những trở ngại; chúng hiển nhiên rất khó nghiên cứu, và các thuyết lượng tử của chúng bị phân kỳ. Trong khi các dây vĩ cầm đơn giản tới mức cách đây 2.000 những người Hy Lạp theo trường phái Pythagoras đã có thể khám phá ra các quy luật hòa âm của chúng, thì các màng lại khó đến nỗi ngay cả ngày nay vẫn chưa một ai có một thuyết âm nhạc thỏa đáng dựa trên chúng. Thêm nữa, người ta chỉ ra rằng các màng này là không ổn định và cuối cùng phân rã thành các hạt điểm.

Vậy là, vào giữa thập niên 1990, các nhà vật lý đã có một vài bí ẩn. Tại sao có năm thuyết dây trong mười chiều? Và tại sao có hai thuyết trong mười một chiều: siêu hấp dẫn và các siêu màng? Hơn nữa, tất cả chúng đều có tính siêu đối xứng.

CHIỀU THỨ MƯỜI MỘT

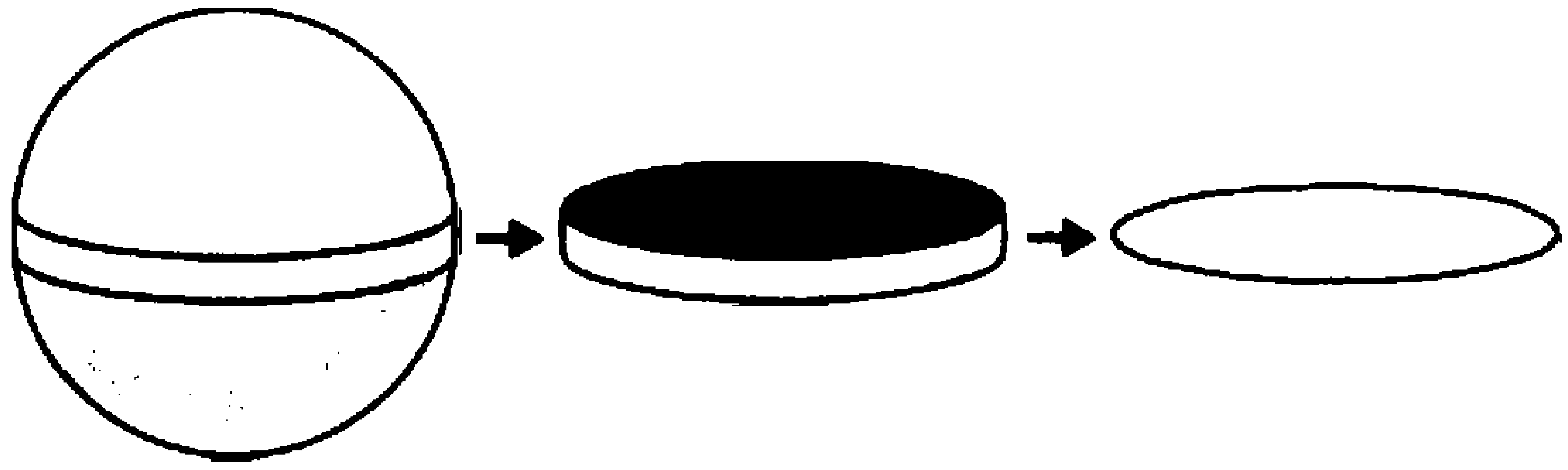
Năm 1994, một sự kiện chấn động xảy ra. Một đột phá khác được thực hiện làm thay đổi toàn bộ thế giới quan vật lý một lần nữa. Edward Witten và Paul Townsend từ Đại học Cambridge tìm thấy về mặt toán học rằng thuyết dây mười chiều trên thực tế là một sự xấp xỉ so với một thuyết bậc cao hơn, thuyết mười một chiều bí ẩn, có nguồn gốc không rõ ràng. Chẳng hạn, Witten đã chỉ ra rằng nếu chúng ta lấy một thuyết giống màng trong mười một chiều và cuộn một chiều lại, thì nó trở thành thuyết dây kiểu IIa mười chiều!

Không lâu sau đó, người ta nhận thấy rằng tất cả năm thuyết dây có thể chỉ là một - chẳng qua là những xấp xỉ khác nhau của cùng một thuyết mười một chiều bí ẩn. Vì các loại màng khác nhau có thể tồn tại trong mười một chiều, nên Witten đã gọi thuyết mới này là thuyết M. Nhưng thuyết này không chỉ thống nhất cả năm thuyết dây khác nhau, mà còn giải thích được sự bí ẩn của siêu hấp dẫn.

Siêu hấp dẫn, nếu bạn còn nhớ, là một thuyết mười một chiều chỉ có hai hạt với khối lượng bằng không, hạt graviton ban đầu của Einstein cộng với đối tác siêu đối xứng của nó (gọi là gravitino). Tuy nhiên, thuyết M gồm một lượng vô hạn các hạt có khối lượng khác nhau (tương ứng với các rung động vô hạn có thể gợn sóng trên một loại màng mười một chiều nào đó). Nhưng thuyết M có thể giải thích sự tồn tại của siêu hấp dẫn nếu chúng ta giả định rằng một phần rất nhỏ của thuyết M (chỉ phần các hạt không khối lượng) là thuyết siêu hấp dẫn cũ. Nói cách khác, thuyết siêu hấp dẫn là một tập hợp con nhỏ bé của thuyết M. Tương tự như vậy, nếu chúng ta lấy thuyết giống màng mười một chiều bí ẩn này và sau đó cuộn một chiều lại, thì màng chuyển thành dây. Trên thực tế, nó chuyển chính xác thành thuyết dây kiểu II! Chẳng hạn, nếu chúng ta nhìn vào một hình cầu trong mười một chiều và sau đó cuộn một chiều lại, hình cầu này sụp đổ và đường xích đạo của nó trở thành một dây đóng. Chúng ta thấy rằng thuyết dây có thể được xem xét như là một lát cắt của màng mười một chiều, nếu chúng ta cuộn chiều thứ mười một lại thành một vòng tròn nhỏ.

Theo cách ấy, chúng ta tìm thấy một cách thức đẹp đẽ và đơn giản để thống nhất tất cả vật lý mười chiều và mười một chiều thành một thuyết duy nhất! Đó là một thành công tài tình về mặt khái niệm.

Tôi vẫn còn nhớ cú sốc do khám phá chấn động này tạo ra. Vào lúc đó tôi sắp có cuộc nói chuyện tại Đại học Cambridge. Paul Townsend lịch thiệp giới thiệu tôi với cử tọa. Nhưng trước cuộc nói chuyện của tôi, ông hào hứng giải thích kết quả mới này, rằng trong chiều thứ mười một, các thuyết dây khác nhau có thể được hợp nhất thành một thuyết duy nhất. Đề tài cuộc nói chuyện của tôi lại đề cập đến chiều thứ mười. Ông đã nói với tôi trước khi tôi phát biểu rằng nếu điều này được chứng minh là thành công, thì đề tài cuộc nói chuyện của tôi sẽ lỗi thời.



Một dây mười chiều có thể xuất hiện từ một màng mười một chiều bằng cách cắt mỏng hoặc cuộn một chiều lại. Đường xích đạo của màng trở thành dây sau khi một chiều đã sụp đổ. Có năm cách mà theo đó sự quy giản này có thể xảy ra, sinh ra năm thuyết siêu dây khác nhau trong mười chiều.

Tôi đã nghĩ thầm trong đầu "Ôi, dà". Hoặc là ông ấy lên cơn dở hơi hoặc là cộng đồng vật lý sắp sửa bị trồng cây chuối cả lượt.

Tôi không thể tin những gì mình đã được nghe, vậy nên đã tung một loạt câu hỏi về phía ông ấy. Tôi đã chỉ ra rằng các siêu màng mười một chiều, một thuyết có đóng góp của Paul Townsend, là vô dụng vì chúng bất trị về mặt toán học, và tệ hơn, chúng còn không ổn định. Ông ấy thừa nhận điều này là một trở ngại, nhưng vẫn tin tưởng rằng những vấn đề này sẽ được giải quyết trong tương lai.

Tôi cũng đã nói rằng, siêu hấp dẫn mười một chiều là không hữu hạn, nó đã tiêu tan, giống như mọi thuyết khác ngoại trừ thuyết dây. Điều đó đã không còn là một vấn đề, ông ấy bình tĩnh trả lời, vì siêu hấp dẫn chẳng là gì mà chỉ là một xấp xỉ của một thuyết lớn hơn và vẫn còn bí ẩn, là thuyết M, mà thuyết này *là* hữu hạn - nó thực sự là thuyết dây được phát biểu lại trong chiều thứ mười một dưới góc độ các màng.

Sau đó, tôi đã nói rằng các siêu màng không thể chấp nhận được vì chưa từng có ai giải thích được các màng tương tác như thế nào khi chúng va chạm và tái hình thành (như tôi đã trình bày về thuyết dây trong luận án tiến sĩ của mình nhiều năm trước). Ông thừa nhận điều đó là một trở ngại, nhưng cũng tin chắc nó có thể sẽ được giải quyết.

Cuối cùng, tôi đã nói rằng thuyết M thực ra chẳng phải là một thuyết gì cả, vì chẳng ai biết được các phương trình cơ bản của nó. Không giống như thuyết dây (có thể được biểu diễn theo các phương trình trường dây đơn giản mà tôi đã viết ra vài năm trước đó để gói gọn toàn bộ thuyết này), các màng chẳng có thuyết trường nào cả. Ông cũng đã thừa nhận điểm này, nhưng vẫn tự tin rằng các phương trình cho thuyết M cuối cùng sẽ được tìm ra.

Đầu óc tôi chơi vơi. Nếu ông ấy đúng, thuyết dây một lần nữa lại sắp trải qua một biến đổi triệt để. Các màng, từng có thời bị vứt vào sọt rác của lịch sử vật lý, đột nhiên được hồi sinh.

Nguồn gốc của cuộc cách mạng này là ở chỗ thuyết dây vẫn đang phát triển giật lùi. Ngay cả ngày nay, chưa một ai biết các nguyên lý vật lý đơn giản nào làm cơ sở cho toàn bộ thuyết này. Tôi thích mường tượng điều này giống như ta bước đi trên sa mạc và vô tình đá phải một viên đá cuội nhỏ xinh đẹp. Khi chúng ta quét sạch lớp cát phủ, viên đá cuội này té ra là đỉnh của một kim tự tháp khổng lồ bị chôn vùi dưới hàng tấn cát. Sau nhiều thập kỷ gian khổ đào bới lớp cát, chúng ta tìm thấy những chữ tượng hình bí ẩn, các căn phòng bí mật và đường hầm. Một ngày nào đó, chúng ta sẽ tìm thấy tầng dưới cùng và cuối cùng mở ra cánh cửa.

THẾ GIỚI MÀNG

Một trong những đặc điểm mới lạ của thuyết M là nó đưa ra không chỉ các dây mà cả toàn bộ các màng của các chiều khác nhau. Trong bức tranh này, các hạt điểm được gọi là "màng không", vì chúng là vô cùng nhỏ, không có kích thước. Một dây khi đó là một "màng một", vì nó là vật thể một chiều được xác định bằng chiều dài của nó. Một màng là một "màng hai", giống như bề mặt của một quả bóng rổ, được xác định bằng chiều dài và chiều rộng. (Một quả bóng rổ có thể trôi nổi trong ba chiều, nhưng bề mặt của nó chỉ là hai chiều.) Vũ trụ của chúng ta có thể là một loại "màng ba" nào đó, một vật thể ba chiều gồm chiều dài, chiều rộng và chiều cao. (Như một người dí dỏm đã lưu ý, nếu không gian có *p* chiều, với *p* là một số nguyên, thì vũ trụ của chúng ta là một màng *p* (*p*-brane), phát âm giống như "pea brain" (nghĩa là "óc bã đậu"). Một đồ thị biểu thị tất cả các óc bã đậu này được gọi là một [hình] "quét màng".)

Có một vài cách mà theo đó chúng ta có thể lấy một màng và làm nó sụp xuống thành một dây. Thay vì gói chiều thứ mười một lại, chúng ta cũng có thể cắt rời đường xích đạo của một màng mười một chiều, tạo ra một dải ruy băng hình tròn. Nếu chúng ta làm cho độ dày của dải ruy băng này co lại, thì nó trở thành một dây mười chiều. Petr Horava và Edward Witten đã chỉ ra rằng chúng ta thu được dây ưu thế lai theo kiểu này.

Trên thực tế, có thể chỉ ra năm cách biến đổi thuyết M mười một chiều thành mười chiều, bằng cách ấy sinh ra năm thuyết siêu dây. Thuyết M cho chúng ta một câu trả lời nhanh chóng và trực quan cho bí ẩn tại sao có năm thuyết dây khác nhau. Hãy tưởng tượng bạn đang đứng trên đỉnh của ngọn đồi lớn và nhìn xuống vùng đồng bằng. Từ cao điểm lợi thế của chiều thứ ba (chiều cao), chúng ta có thể thấy các phần khác nhau của đồng bằng này thống nhất thành một bức tranh đồng bộ (liên kết pha) duy nhất. Tương tự, từ cao điểm lợi thế của chiều thứ mười một, nhìn xuống chiều thứ mười, chúng ta thấy mảng ghép lộn xộn của năm thuyết siêu dây không khác gì hơn là các mảnh khác nhau của chiều thứ mười một.

TÍNH NHỊ NGUYÊN

Mặc dù Paul Townsend không thể trả lời hầu hết các câu hỏi mà tôi đã hỏi ông ấy vào thời điểm đó, nhưng cuối cùng thì chính sức mạnh của một tính đối xứng khác đã thuyết phục tôi tin vào tính chính xác của ý tưởng này. Thuyết M không chỉ bao gồm tập hợp lớn nhất của các đối xứng đã biết trong vật lý, nó còn ẩn chứa một trò ảo thuật khác: tính nhị nguyên, tính này ban cho thuyết M khả năng phi thường để gộp chung cả năm thuyết siêu dây thành một thuyết.

Hãy xem xét điện và từ, chúng tuân theo các phương trình Maxwell. Từ lâu, người ta đã nhận ra rằng nếu như chỉ đơn thuần hoán đổi điện trường với từ trường thì các phương trình này gần như vẫn thế. Tính đối xứng này có thể được chính xác hóa nếu bạn có thể bổ sung thêm các đơn cực (các đơn cực từ) vào các phương trình Maxwell. Các phương trình Maxwell đã chỉnh sửa sẽ vẫn không đổi nếu chúng ta hoán đổi điện trường với từ trường và trao đổi điện tích e với nghịch đảo của từ tích g. Điều này có nghĩa rằng điện (nếu điện tích thấp) tương đương chính xác với từ (nếu từ tích cao). Sự tương đương này được gọi là tính nhị nguyên (hay lưỡng tính).

Trước kia, tính nhị nguyên này đã chỉ đơn thuần được coi là một sự hiếu kỳ khoa học, một trò ảo thuật phòng khách, vì thậm chí đến nay vẫn chưa ai nhìn thấy một đơn cực. Tuy nhiên, các nhà vật lý ngạc nhiên nhận thấy các phương trình Maxwell có tính đối xứng tiềm ẩn mà tự nhiên dường như không sử dụng (ít nhất là trong vũ trụ của chúng ta).

Tương tự như vậy, tất cả năm thuyết dây đều nhị nguyên với nhau. Hãy xem xét thuyết dây kiểu I và thuyết dây ưu thế lai SO(32). Thường thì hai thuyết này không giống nhau lắm. Thuyết kiểu I dựa trên các dây đóng và mở có thể tương tác theo năm cách khác nhau, với các dây tách ra và kết hợp lại. Ngược lại, dây SO(32) dựa hoàn toàn vào các dây đóng chỉ có thể có một cách tương tác là trải qua quá trình phân chia giống như nguyên phân ở tế bào. Dây kiểu I được định nghĩa hoàn toàn trong không gian mười chiều, trong khi dây SO(32) được định nghĩa với một tập hợp các rung động được xác định trong không gian hai mươi sáu chiều.

Thường thì bạn không thể tìm thấy hai thuyết dường như là khác nhau tới như vậy. Tuy nhiên, cũng giống như trong điện từ, các thuyết này có một tính nhị nguyên mạnh: nếu làm cho cường độ của các tương tác tăng lên, các dây kiểu I biến đổi thành các dây ưu thế lai SO(32), như thể bằng ma thuật. (Kết quả này gây bất ngờ tới mức khi lần đầu tiên nhìn thấy nó, tôi đã phải lắc đầu kinh ngạc. Trong vật lý, chúng ta hiếm khi thấy hai thuyết dường như hoàn toàn khác biệt trong mọi khía cạnh lại được chỉ ra là có tính tương đương toán học.)

LISA RANDALL

Có lẽ lợi thế lớn nhất của thuyết M so với thuyết dây là trên thực tế các chiều bậc cao hơn này khá lớn và thậm chí có thể quan sát được trong phòng thí nghiệm chứ không nhỏ bé như ta tưởng. Trong thuyết dây, sáu chiều bậc cao hơn phải được gói gọn lại thành một quả cầu nhỏ, một đa tạp Calabi-Yau mà kích thước vô cùng nhỏ không thể quan sát bằng các công cụ ngày nay. Tất cả sáu chiều này đã được compact hóa, sao cho việc tiến vào một chiều bậc cao hơn là không thể - điều này khiến cho những ai hy vọng sẽ có ngày bay vút vào một siêu không gian vô hạn thay vì chỉ đi tắt theo các lỗ giun qua siêu không gian đã compact hóa có phần hơi thất vọng.

Tuy nhiên, thuyết M cũng đề cao các màng; có thể xem xét toàn thể vũ trụ của chúng ta như một màng đang trôi nổi trong một vũ trụ lớn hơn nhiều. Kết quả là, không phải mọi chiều bậc cao hơn này đều phải bị gói gọn trong một quả cầu. Thực ra một vài chiều trong số này có thể là rất lớn, trải ra vô hạn.

Một nhà vật lý đã cố gắng khai thác bức tranh mới này của vũ trụ là Lisa Randall từ Harvard. Có đường nét hơi giống nữ diễn viên Jodie Foster, Randall dường như lạc lõng trong cái nghề vật lý lý thuyết gần như toàn đàn ông cạnh tranh khốc liệt, được thúc đẩy bởi nội tiết tố testosterone. Cô đang theo đuổi ý tưởng nếu vũ trụ quả thật là một màng ba đang trôi nổi trong không gian chiều bậc cao hơn, thì có lẽ điều đó giải thích tại sao hấp dẫn lại yếu hơn rất nhiều so với ba lực kia.

Randall lớn lên tại quận Queens, thành phố New York (chính cái quận được Archie Bunker làm cho trở thành bất tử[1]). Thời trẻ, cô không thể hiện sự quan tâm đặc biệt tới vật lý mà lại say mê toán học. Mặc dù tôi tin rằng tất cả chúng ta đều có niềm đam mê khoa học lúc còn là trẻ con, nhưng không phải tất cả đều có thể theo đuổi tình yêu khoa học khi trưởng thành. Một phần là do chúng ta vấp phải rào cản toán học.

Dù có thích hay không, nếu muốn theo đuổi sự nghiệp khoa học, thì cuối cùng chúng ta vẫn phải học "ngôn ngữ của tự nhiên": toán học. Không có toán học, chúng ta chỉ có thể là những người quan sát thụ động vũ điệu của tự nhiên chứ không thể là những người tham dự tích cực. Như Einstein đã từng nói: "Toán học thuần túy, theo cách của nó, là thi ca của tư duy logic."* Hãy cho phép tôi đưa ra phép so sánh tương tự. Người ta có thể yêu nền văn minh và văn học Pháp, nhưng để thật sự hiểu được tinh thần Pháp, người ta phải học tiếng Pháp và cách chia các động từ tiếng Pháp. Điều này cũng đúng với khoa học và toán học. Galileo từng viết: "Không thể hiểu được [vũ trụ] nếu như ta không học được ngôn ngữ của nó và làm quen với các ký tự mà nó được viết ra. Nó được viết bằng ngôn ngữ toán học, và những chữ cái của nó là các tam giác, hình tròn và các hình hình học khác, mà nếu không có chúng thì con người không thể hiểu được dù chỉ một từ duy nhất."*

---

[1] Archie Bunker là nhân vật hư cấu trong loạt phim hài tình huống *All in the Family* (Mọi người trong gia đình) và *Archie Bunker's Place* (Quán rượu của Archie Bunker) trình chiếu trên truyền hình Mỹ từ năm 1971 tới năm 1983.

Nhưng các nhà toán học thường tự hào là những người phi thực tế nhất trong tất cả các nhà khoa học. Toán học càng trừu tượng và thiếu tính ứng dụng bao nhiêu thì lại càng tốt hơn bấy nhiêu. Đầu thập niên 1980, dù chưa tốt nghiệp đại học Harvard nhưng Randall đã chuyển hướng nghiên cứu bởi cô yêu thích ý tưởng cho rằng vật lý có thể tạo ra các "mô hình" vũ trụ. Khi những nhà vật lý chúng tôi đề xuất một lý thuyết mới, nó không đơn giản chỉ dựa vào một mớ các phương trình. Các thuyết vật lý mới thường dựa trên các mô hình được lý tưởng hóa và đơn giản hóa để nó gần giống với một hiện tượng. Các mô hình này thường được minh họa bằng đồ họa, tranh ảnh và rất dễ nắm bắt. Chẳng hạn, mô hình quark dựa trên ý tưởng rằng trong một proton có ba thành phần nhỏ là các quark. Randall thực sự ấn tượng trước các mô hình đơn giản, dựa trên các hình ảnh vật lý, lại có thể giải thích đầy đủ phần lớn vũ trụ.

Trong thập niên 1990, cô bắt đầu quan tâm đến thuyết M, đến khả năng toàn thể vũ trụ là một màng. Cô đã tập trung vào đặc điểm có lẽ khó hiểu nhất của hấp dẫn, là cường độ của nó vô cùng nhỏ. Cả Newton lẫn Einstein đều không quan tâm tới vấn đề cơ bản nhưng bí ẩn này. Trong khi cả ba lực khác của vũ trụ (lực điện từ, lực hạt nhân yếu và lực hạt nhân mạnh) có cường độ gần bằng nhau thì hấp dẫn lại khác hẳn.

Cụ thể, khối lượng của các quark nhỏ hơn rất nhiều so với khối lượng liên quan đến hấp dẫn lượng tử. "Sự khác biệt về cấp độ này không hề nhỏ; hai thang khối lượng cách nhau tới mười sáu bậc về độ lớn! Chỉ có các thuyết nào giải thích được tỉ số khổng lồ này mới là các ứng viên có khả năng làm nền tảng cho Mô hình Chuẩn,"* Randall nói.

Thực tế chính vì hấp dẫn quá yếu như thế mới giải thích tại sao các ngôi sao lại quá lớn như vậy. Trái Đất, bao gồm các đại dương, các dãy núi và các lục địa, chỉ là một hạt cát nhỏ so với kích thước khổng lồ của Mặt Trời. Nhưng vì hấp dẫn quá yếu, nên phải cần đến khối lượng của cả một ngôi sao để nén hyđrô sao cho nó có thể thắng được lực đẩy tĩnh điện của proton. Như vậy các ngôi sao có kích thước khổng lồ vì hấp dẫn quá yếu so với các lực khác.

Thuyết M tạo ra quá nhiều phấn khích trong giới vật lý, nên một vài nhóm đã thử áp dụng thuyết này vào vũ trụ của chúng ta. Giả sử vũ trụ là một màng ba trôi nổi trong thế giới năm chiều. Lúc này, các rung động trên bề mặt của màng ba tương ứng với các nguyên tử mà chúng ta thấy xung quanh chúng ta. Như thế, các rung động này không bao giờ rời bỏ màng ba, do đó không thể trôi dạt vào chiều thứ năm. Mặc dù vũ trụ trôi nổi trong chiều thứ năm, các nguyên tử của chúng ta không thể rời khỏi vũ trụ vì chúng tương ứng với các rung động trên bề mặt của màng ba. Điều này khi đó có thể trả lời câu hỏi mà Kaluza và Einstein đã đề ra năm 1921: chiều thứ năm ở đâu? Câu trả lời là: chúng ta đang trôi nổi trong chiều thứ năm, nhưng chúng ta không thể tiến vào nó, vì cơ thể chúng ta đã bị mắc kẹt trên bề mặt của một màng ba.

Nhưng có một khiếm khuyết tiềm tàng trong bức tranh này. Hấp dẫn thể hiện độ cong của không gian. Vì vậy, chúng ta có thể ngây thơ trông đợi rằng hấp dẫn có thể lấp đầy toàn bộ không gian năm chiều, chứ không phải chỉ là màng ba này; mà như thế thì hấp dẫn sẽ bị loãng đi khi nó rời bỏ màng ba. Điều này làm suy yếu lực hấp dẫn. Yếu tố này củng cố thêm cho thuyết M, vì hấp dẫn, như chúng ta biết, yếu hơn nhiều so với các lực khác. Nhưng hấp dẫn lại bị suy yếu quá nhiều: định luật bình phương nghịch đảo của Newton sẽ bị vi phạm, mà định luật bình phương nghịch đảo lại áp dụng hoàn hảo cho các hành tinh, các ngôi sao và các thiên hà. Chúng ta không thể tìm thấy định luật lập phương nghịch đảo áp dụng cho hấp dẫn tại bất kỳ đâu trong không gian. (Hãy hình dung một bóng đèn sợi đốt đang chiếu sáng một căn phòng. Ánh sáng lan tỏa ra theo dạng hình cầu. Cường độ sáng bị "loãng dần" trên mặt cầu ngày càng to này. Chẳng hạn, nếu ta tăng gấp đôi bán kính của hình cầu này thì ánh sáng lan tỏa ra trên một mặt cầu có diện tích lớn gấp bốn lần. Nói chung, nếu một bóng đèn tồn tại trong không gian n chiều, thì ánh sáng của nó bị "loãng đi" trên một mặt cầu có diện tích tăng lên theo lũy thừa bậc n-1 lần khi bán kính tăng lên.)

Để trả lời câu hỏi này, một nhóm các nhà vật lý, bao gồm N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos và G. Dvali, đã đề xuất rằng chiều thứ năm có lẽ không phải là vô hạn mà chỉ cách xa chúng ta 1 mm, đang trôi nổi ngay trên vũ trụ của chúng ta, như trong truyện khoa học giả tưởng của H. G. Wells. (Nếu chiều thứ năm cách xa hơn 1 mm thì nó có thể tạo ra các vi phạm định luật bình phương nghịch đảo của Newton có thể đo được.) Nếu chiều thứ năm chỉ cách xa có 1 mm thì phán đoán này có thể được kiểm tra bằng cách tìm kiếm các sai lệch nhỏ đối với định luật hấp dẫn của Newton trên các khoảng cách rất nhỏ. Định luật hấp dẫn của Newton vận hành tốt trên các khoảng cách lớn ở quy mô thiên văn, nhưng nó chưa bao giờ được thử nghiệm ở kích thước cỡ 1 mm. Các nhà thực nghiệm đang gấp rút kiểm tra các sai lệch nhỏ so với định luật bình phương nghịch đảo của Newton. Kết quả này hiện là chủ đề của một vài thử nghiệm đang tiến hành, như chúng ta thấy trong chương chín.

Randall và đồng nghiệp Raman Sundrum đã quyết định tiếp cận vấn đề theo cách mới, kiểm tra lại khả năng chiều thứ năm không phải cách xa 1 mm mà có lẽ là vô hạn. Để làm điều này, họ phải lý giải làm thế nào chiều thứ năm có thể vô hạn mà không phá bỏ định luật hấp dẫn của Newton. Randall đã tìm thấy một câu trả lời tiềm năng cho câu hỏi khó này. Cô tìm ra rằng màng ba này có một lực hút có bản chất hấp dẫn ngăn không cho các graviton trôi dạt tự do vào chiều thứ năm. Các graviton phải bám vào màng ba (như những con ruồi bị mắc kẹt trên giấy bẫy ruồi) bởi lực hấp dẫn xuất phát từ màng ba. Vì vậy, khi chúng ta cố gắng đo đạc định luật của Newton, chúng ta thấy rằng nó xấp xỉ đúng trong vũ trụ của chúng ta. Hấp dẫn bị loãng ra rồi suy yếu khi rời khỏi màng ba và trôi dạt vào chiều thứ năm, nhưng nó không đi quá xa: định luật bình phương nghịch đảo đại thể vẫn còn được duy trì vì các graviton vẫn bị hút vào màng ba này. (Randall cũng đã đưa ra khả năng một màng thứ hai tồn tại song song với màng của chúng ta.) Nếu chúng ta tính toán được tương tác hấp dẫn khó thấy giữa hai màng, thì có thể điều chỉnh trị số này để giải thích mức độ suy yếu của hấp dẫn bằng trị số.

"Khi người ta lần đầu đề xuất rằng các chiều có thêm chỉ ra các cách thay thế để giải thích nguồn gốc của vấn đề cấp độ, nó đã gây nên sự phấn khích lớn lao," Randall nói. "Thoạt nhìn, các chiều không gian bổ sung có vẻ giống như một ý tưởng hoang dại và điên rồ, nhưng có các lý lẽ mạnh mẽ để tin rằng thực sự có các chiều thêm của không gian."*

Nếu các nhà vật lý này đúng, thì hấp dẫn cũng mạnh như các lực khác, ngoại trừ việc hấp dẫn bị yếu đi vì một phần bị rò rỉ vào không gian chiều bậc cao hơn. Một hệ quả sâu sắc của thuyết này là năng lượng mà tại đó các hiệu ứng lượng tử đo đạc được có thể không phải là năng lượng Planck (10^{19} tỉ electron vôn), như người ta nghĩ trước đây. Có lẽ chỉ vài nghìn tỉ electron vôn là cần thiết, do đó Máy va chạm hadron lớn (LHC) (dự kiến hoàn thành vào năm 2007(1)) rất có khả năng bắt được các hiệu ứng hấp dẫn lượng tử trong thập kỷ này. Điều này đã kích thích sự quan tâm đáng kể từ phía các nhà vật lý thực nghiệm đi săn lùng các hạt kỳ lạ vượt ra ngoài Mô hình Chuẩn của các hạt hạ nguyên tử. Có lẽ các hiệu ứng hấp dẫn lượng tử nằm trong tầm với của chúng ta.

Các màng cũng đưa ra một câu trả lời đáng tin cậy, mặc

---

1. LHC (Large Hadron Collider) là loại máy gia tốc hạt rất lớn. LHC được chạy thử ngày 10-9-2008 và đi vào hoạt động năm 2009.

dù mang tính suy đoán, cho bí ẩn về vật chất tối. Trong tiểu thuyết *The Invisible Man* của H. G. Wells, nhân vật chính đã lơ lửng trong chiều thứ tư và vì thế là vô hình. Tương tự, hãy tưởng tượng rằng có một thế giới song song đang lơ lửng ngay trên vũ trụ của chính chúng ta. Bất kỳ thiên hà nào trong vũ trụ song song đó sẽ vô hình đối với chúng ta. Nhưng vì hấp dẫn là do sự uốn cong của siêu không gian gây ra, nên lực hấp dẫn có thể nhảy qua các vũ trụ. Bất kỳ thiên hà lớn nào trong vũ trụ đó có thể được hút qua siêu không gian vào một thiên hà trong vũ trụ của chúng ta. Vì vậy, khi đo đạc những tính chất của các thiên hà, chúng ta thấy rằng lực hút hấp dẫn của chúng mạnh hơn nhiều so với tính toán dựa theo các định luật của Newton vì có một thiên hà khác đang ẩn nấp ngay đằng sau nó, trôi nổi trên một màng không xa. Thiên hà giấu mặt đậu phía sau thiên hà của chúng ta sẽ hoàn toàn vô hình, vì nó trôi nổi trong chiều khác, nhưng nó có thể làm xuất hiện một quầng bao quanh thiên hà của chúng ta, chứa tới 90% khối lượng. Như vậy, vật chất tối có thể được bắt nguồn từ sự hiện diện của một vũ trụ song song.

CÁC VŨ TRỤ VA CHẠM NHAU

Có thể thật sự vẫn còn hơi sớm để áp dụng thuyết M vào vũ trụ học. Tuy nhiên, các nhà vật lý đã cố gắng áp dụng "vật lý màng" để tạo ra một sự thay đổi mới so với cách tiếp cận lạm phát thông thường đối với vũ trụ. Trong đó, có ba thuyết vũ trụ học thu hút được đôi chút chú ý.

Thuyết vũ trụ học đầu tiên cố gắng giải đáp vấn đề: tại sao chúng ta lại sống trong bốn chiều không-thời gian? Về nguyên tắc, thuyết M có thể được phát biểu trong mọi chiều lên tới mười một, vì vậy tại sao chỉ bốn chiều được chọn thực sự là điều bí ẩn. Robert Brandenberger và Cumrun Vafa đã suy đoán rằng điều này có thể do dạng hình học cụ thể của các dây.

Trong kịch bản của họ, vũ trụ ban đầu đã có tính đối xứng hoàn hảo, với tất cả các chiều bậc cao hơn được cuộn chặt lại ở thang Planck. Điều giữ cho vũ trụ không dãn nở là các vòng dây cuộn chặt xung quanh các chiều khác nhau. Hãy hình dung về một cuộn dây bị nén không thể co giãn vì các dây quấn chặt với nhau. Nếu vì lý do nào đó các dây bị đứt, thì cuộn dây đột ngột bật mạnh và giãn ra.

Trong các chiều nhỏ tí này, vũ trụ không thể dãn nở vì chịu tác động các dây lẫn phản dây cuộn lại với nhau (đại thể là, các phản dây quấn theo hướng ngược lại với các dây). Nếu một dây và một phản dây va chạm, thì chúng có thể tiêu hủy và biến mất, giống như việc tháo gỡ một nút dây. Trong các chiều rất lớn, có rất nhiều "chỗ trống" mà các dây và các phản dây hiếm khi va chạm và không bao giờ tách ra. Tuy nhiên, Brandenberger và Vafa đã chỉ ra rằng trong ba chiều không gian hoặc ít hơn, khả năng các dây sẽ va chạm với các phản dây dễ xảy ra hơn. Một khi xảy ra các va chạm, các dây bung tách ra, và các chiều bật nhanh ra bên ngoài, ban cho chúng ta vụ nổ lớn. Đặc điểm hấp dẫn của bức tranh này là ở chỗ tô pô của các dây giải thích tại sao chúng ta thấy được không-thời gian bốn chiều quen thuộc. Các vũ trụ chiều bậc cao hơn có thể tồn tại nhưng có ít khả năng được nhìn thấy vì chúng vẫn còn bị các dây và các phản dây gói chặt lại.

Nhưng cũng có các khả năng khác trong thuyết M. Nếu các vũ trụ có thể ngắt hoặc nảy chồi, sinh ra các vũ trụ mới, thì có lẽ sự đảo ngược cũng có thể xảy ra: các vũ trụ có thể va chạm, tóe lửa và sinh ra các vũ trụ mới. Trong một kịch bản như vậy, có lẽ vụ nổ lớn đã xảy ra vì một va chạm của hai vũ trụ-màng song song chứ không phải là sự nảy chồi của một vũ trụ.

Thuyết thứ hai này được các nhà vật lý Paul Steinhardt từ Princeton, Burt Ovrut từ Đại học Pennsylvania và Neil Turok từ Đại học Cambridge đề xuất, những người đã tạo ra vũ trụ "đại hỏa tai" (ekpyrotic) để kết hợp các đặc điểm mới lạ của bức tranh màng M, trong đó một số chiều thêm có thể có kích thước lớn, thậm chí là vô hạn. Họ bắt đầu với hai màng ba bằng phẳng, đồng nhất và song song ở trạng thái năng lượng thấp nhất. Ban đầu, chúng là các vũ trụ trống rỗng và lạnh lẽo, nhưng dần dần hấp dẫn kéo chúng lại với nhau. Cuối cùng, chúng va chạm và động năng khủng khiếp sinh ra từ vụ va chạm chuyển hóa thành vật chất và bức xạ đã tạo ra vũ trụ của chúng ta. Một số người gọi điều này là thuyết "vụ tóe lớn" (big splat) chứ không phải là thuyết vụ nổ lớn, vì kịch bản liên quan đến sự va chạm của hai màng.

Lực va chạm lại đẩy hai vũ trụ ra xa. Khi hai màng này tách khỏi nhau, chúng nguội đi nhanh chóng, tạo nên vũ trụ mà chúng ta thấy ngày nay. Quá trình nguội và dãn nở tiếp tục trong hàng nghìn tỉ năm, cho đến khi nhiệt độ vũ trụ tới gần độ không tuyệt đối, và có mật độ chỉ một electron trên mỗi triệu tỉ năm ánh sáng khối(1) không gian. Thực tế, vũ trụ trở nên trống rỗng và trơ. Nhưng hấp dẫn tiếp tục hút hai màng, cho đến khi, hàng nghìn tỉ năm sau, chúng một lần nữa lại va chạm, và lặp đi lặp lại chu kỳ này.

Kịch bản mới này có thể thu được các kết quả tốt của lạm phát (độ phẳng, độ đồng nhất). Nó trả lời cho câu hỏi tại sao vũ trụ lại phẳng như vậy - vì hai màng ban đầu bằng phẳng. Mô hình này cũng có thể giải thích được vấn đề chân trời - nghĩa là, tại sao vũ trụ dường như đồng nhất theo mọi hướng. Đó là vì màng có một thời gian dài để dần dần đạt tới trạng thái cân bằng. Vậy nên, trong khi lạm phát giải thích vấn đề chân trời là do vũ trụ phình to đột ngột thì kịch bản này giải quyết vấn đề chân trời theo cách ngược lại, là do có vũ trụ đạt tới trạng thái cân bằng trong chuyển động chậm.

(Điều này đồng nghĩa rằng có lẽ tồn tại các màng khác đang trôi nổi trong siêu không gian, chúng có thể va chạm với màng của chúng ta trong tương lai, tạo ra một vụ tóe lớn khác. Thực tế đã cho thấy rằng vũ trụ của chúng ta đang tăng tốc, và có khả năng sẽ gây ra một va chạm khác. Steinhardt cho biết thêm: "Có lẽ tốc độ dãn nở vũ trụ tăng là điềm báo trước một va chạm như vậy. Đó không phải là một ý nghĩ dễ chịu."*)

Bất kỳ kịch bản nào đột ngột thách thức bức tranh lạm phát thịnh hành phải chấp nhận hứng chịu những phản hồi gay gắt. Thực tế thì trong vòng một tuần sau khi bài báo được công bố trên mạng, Andrei Linde và vợ ông là Renata Kallosh (bản thân bà cũng là một nhà lý luận thuyết dây), và Lev Kofman

---

1. Khoảng 8,47 × 10^{53} km^3 hay khoảng 25 lần dung tích của Ngân Hà của chúng ta.

từ Đại học Toronto lên tiếng phê phán kịch bản này. Linde phê phán mô hình này vì bất cứ thảm họa nào như sự va chạm của hai vũ trụ đều có thể tạo ra một điểm kỳ dị, nơi nhiệt độ và mật độ đạt tới vô hạn. "Điều đó giống như việc ném một cái ghế vào trong một lỗ đen nơi các hạt cấu thành nên chiếc ghế bị bốc hơi, rồi nói rằng bằng cách nào đó hình dạng của chiếc ghế được bảo toàn",* Linde phản đối.

Steinhardt phản pháo rằng: "Những gì trông giống như một điểm kỳ dị trong bốn chiều có thể không phải là như vậy trong năm chiều... Khi các màng va chạm nhau, chiều thứ năm tạm thời biến mất, nhưng bản thân các màng không biến mất. Vì thế mật độ và nhiệt độ không tiến tới vô cùng, và thời gian tiếp tục trôi qua. Mặc dù đối với thuyết tương đối rộng điều này thật điên rồ, nhưng với thuyết dây thì không. Và những gì trước kia giống như một thảm họa trong mô hình của chúng tôi thì bây giờ dường như có thể kiểm soát được."

Lợi thế của Steinhardt là sức mạnh của thuyết M, thuyết có thể loại bỏ các điểm kỳ dị. Trên thực tế, đó là lý do các nhà vật lý lý thuyết trước hết cần một thuyết hấp dẫn lượng tử để loại bỏ mọi vô hạn. Tuy nhiên, Linde chỉ ra một chỗ yếu về mặt quan niệm của bức tranh này, rằng các màng đã tồn tại trong một trạng thái bằng phẳng đồng nhất vào lúc bắt đầu. "Nếu anh có sự khởi đầu hoàn hảo, anh có thể giải thích những gì mình thấy... nhưng vẫn chưa trả lời được câu hỏi: tại sao vũ trụ phải bắt đầu từ sự hoàn hảo?"* Linde hỏi. Steinhardt đáp lại: "Phẳng cộng phẳng thành phẳng."* Nói cách khác, bạn phải giả định rằng các màng đã bắt đầu ở trạng thái năng lượng thấp nhất là bằng phẳng.

Alan Guth có suy nghĩ cởi mở hơn. "Tôi không nghĩ Paul và Neil sắp chứng minh được quan điểm của họ. Nhưng các ý tưởng của họ chắc chắn là đáng xem xét,"* ông nói. Ông đảo lộn tình thế và thách đố các nhà lý luận thuyết dây giải thích lạm phát: "Về lâu dài, tôi nghĩ rằng chắc chắn thuyết dây và thuyết M sẽ cần sáp nhập lạm phát, vì lạm phát có vẻ là một giải pháp hiển nhiên để giải quyết các vấn đề đặt ra: tại sao vũ trụ lại đồng nhất và bằng phẳng như vậy."* Vì thế ông đặt ra một câu hỏi: liệu thuyết M có thể thu được bức tranh chuẩn của lạm phát không?

Cuối cùng, còn một thuyết về vũ trụ cạnh tranh khác có sử dụng thuyết dây, đó là thuyết "tiền vụ nổ lớn" của Gabriele Veneziano, nhà vật lý đã giúp khởi động thuyết dây ngay từ năm 1968. Trong thuyết của ông, vũ trụ thực sự bắt đầu từ một lỗ đen. Nếu chúng ta muốn biết bên trong một lỗ đen như thế nào, thì mọi điều chúng ta phải làm là nhìn ở bên ngoài.

Trong thuyết này, vũ trụ thực sự là vô cùng già và hình thành trong quá khứ xa xăm gần như là trống rỗng và lạnh lẽo. Hấp dẫn đã bắt đầu tạo ra các khối vật chất trong khắp vũ trụ, chúng dần dần bị nén chặt tới mức chúng đã biến thành các lỗ đen. Sau đó các chân trời sự kiện bắt đầu hình thành xung quanh mỗi lỗ đen, vĩnh viễn chia tách phần bên ngoài của chân trời sự kiện với phần bên trong. Trong mỗi chân trời sự kiện, vật chất tiếp tục bị hấp dẫn nén lại, cho đến khi lỗ đen đạt tới độ dài Planck.

Lúc này, thuyết dây tiếp quản. Độ dài Planck là khoảng cách tối thiểu được phép theo thuyết dây. Lỗ đen sau đó bắt đầu bật ngược trở lại trong một vụ nổ tung khổng lồ, gây ra vụ nổ lớn. Vì chính quá trình này có thể lặp lại trong khắp vũ trụ, nên có thể có các lỗ đen/vũ trụ xa xôi khác.

(Ý tưởng cho rằng vũ trụ của chúng ta có thể là một lỗ đen không có vẻ gì là cường điệu. Trực giác của chúng ta cho rằng một lỗ đen phải cực kỳ đặc, với một trường hấp dẫn khổng lồ nghiền nát mọi thứ, nhưng không phải bao giờ cũng thế. Kích thước của chân trời sự kiện của một lỗ đen tỉ lệ thuận với khối lượng của nó. Lỗ đen càng nặng bao nhiêu thì chân trời sự kiện của nó lại càng lớn bấy nhiêu. Nhưng chân trời sự kiện lớn hơn có nghĩa là vật chất lan tỏa ra trên một thể tích lớn hơn; kết quả là mật độ thực sự giảm đi khi khối lượng tăng lên. Quả thật, nếu một lỗ đen nặng như vũ trụ của chúng ta, kích thước của nó có thể xấp xỉ như kích thước của vũ trụ chúng ta, và mật độ nó sẽ khá thấp, có thể so với mật độ của vũ trụ của chúng ta.)

Tuy nhiên, một số nhà vật lý thiên văn không ấn tượng với việc áp dụng thuyết dây và thuyết M vào vũ trụ học. Joel

Primack từ Đại học California tại Santa Cruz ít khoan dung hơn những người khác: "Tôi nghĩ rằng thật ngớ ngẩn khi quan trọng hóa quá mức vấn đề này... Những ý tưởng trong các bài báo này về cơ bản không thể kiểm chứng."* Chỉ có thời gian mới trả lời xem Primack có đúng hay không, nhưng vì nhịp độ tiến triển của thuyết dây đang tăng tốc, chúng ta có thể mau chóng tìm thấy cách giải quyết cho vấn đề này, và nó có thể đến từ các vệ tinh không gian của chúng ta. Như chúng ta thấy trong chương chín, một thế hệ các thiết bị dò sóng hấp dẫn mới sẽ được phóng vào khoảng không vũ trụ vào khoảng năm 2020, như LISA(1), có thể giúp chúng ta loại bỏ hay xác nhận một số thuyết này. Chẳng hạn, nếu thuyết lạm phát là chính xác, thì LISA phải phát hiện các sóng hấp dẫn mãnh liệt do quá trình lạm phát ban đầu tạo ra. Tuy nhiên, vũ trụ đại hỏa tai dự đoán một sự va chạm chậm chạp giữa các vũ trụ và vì thế các sóng hấp dẫn dịu êm hơn. LISA sẽ có thể loại bỏ một trong các thuyết này bằng thực nghiệm. Nói cách khác, mã hóa trong các sóng hấp dẫn do vụ nổ lớn ban đầu tạo ra là những dữ liệu cần thiết để xác định kịch bản nào là chính xác. Lần đầu tiên, LISA có lẽ sẽ cho các kết quả thực nghiệm chắc chắn liên quan tới lạm phát, thuyết dây và thuyết M.

CÁC LỖ ĐEN MINI

Vì thuyết dây thực sự là một thuyết của toàn thể vũ trụ, để kiểm tra nó trực tiếp đòi hỏi phải tạo ra một vũ trụ trong phòng thí nghiệm (xem chương chín). Thông thường, chúng ta mong đợi các hiệu ứng lượng tử từ hấp dẫn xảy ra ở năng lượng Planck, có trị số mạnh hơn máy gia tốc hạt mạnh nhất của chúng ta một triệu tỉ lần, khiến cho các thử nghiệm trực tiếp của thuyết dây là không khả thi. Nhưng nếu thực sự có một vũ trụ song song tồn tại cách vũ trụ của chúng ta chưa tới 1 mm, thì năng lượng mà tại đó sự thống nhất và các hiệu ứng lượng tử xảy ra có thể là khá thấp, trong tầm với của thế hệ các máy gia tốc hạt kế tiếp, chẳng hạn như Máy va chạm hadron lớn (LHC). Chính điều này đã khuấy động mối quan tâm dồn dập tới vật lý lỗ đen, điều lý thú nhất là "lỗ đen mini" (cỡ nhỏ). Các lỗ đen mini, hoạt động như thể chúng là các hạt hạ nguyên tử, là một "phòng thí nghiệm" có thể thử nghiệm một số dự đoán của thuyết dây. Các nhà vật lý bị kích thích về khả năng tạo ra chúng với LHC. (Các lỗ đen mini vô cùng nhỏ, có thể so với một electron về kích thước, nên không đe dọa sẽ nuốt chửng Trái Đất. Các tia vũ trụ thường xuyên va vào Trái Đất với các năng lượng lớn hơn các lỗ đen mini rất nhiều mà không gây ra bất kỳ hiệu ứng xấu nào.)

---

(1) Xem chi tiết ở chương 9 và giải thích trong phần Chú giải thuật ngữ ở cuối sách.

Dù có vẻ đó là cuộc thay đổi cách mạng, một lỗ đen giả trang như một hạt hạ nguyên tử thực sự là một ý tưởng cũ, được Einstein đưa ra lần đầu tiên năm 1935. Theo quan điểm của Einstein, phải có một thuyết trường thống nhất, trong đó, vật chất hợp thành từ các hạt hạ nguyên tử, có thể được xem xét như một loại biến dạng nào đó trong kết cấu không-thời gian. Theo ông, các hạt hạ nguyên tử như electron thực sự là các "nút thắt" hay các lỗ giun trong không gian uốn cong, mà từ xa trông giống như một hạt. Einstein, cùng với Nathan Rosen, đã thử theo đuổi ý tưởng rằng một electron có thể thực sự là một lỗ đen mini đang ngụy trang. Theo cách của mình, ông đã cố gắng hợp nhất vật chất vào thuyết trường thống nhất để quy giản các hạt hạ nguyên tử thành hình học thuần túy.

Các lỗ đen mini được Stephen Hawking đưa ra lại và ông chứng minh rằng các lỗ đen phải bay hơi và phát ra ánh quang mờ nhạt của năng lượng. Qua nhiều niên kỷ, một lỗ đen sẽ giải phóng nhiều năng lượng tới mức từ từ co lại, cuối cùng có kích thước của một hạt hạ nguyên tử.

Hiện giờ, thuyết dây đang đề xuất lại khái niệm lỗ đen mini. Hãy nhớ rằng các lỗ đen hình thành khi một lượng lớn vật chất bị nén tới phạm vi bán kính Schwarzschild. Vì khối lượng và năng lượng có thể chuyển hóa qua lại, nên các lỗ đen cũng có thể được tạo ra bằng năng lượng bị nén. Các nhà vật lý cũng quan tâm liệu LHC có khả năng sản sinh các lỗ đen mini trong số các mảnh vỡ được tạo ra khi hai proton va đập với nhau ở mức năng lượng 14 nghìn tỉ electron vôn hay không. Các lỗ đen này có thể cực kỳ nhỏ, nặng có lẽ chỉ bằng 1.000 lần khối lượng của một electron, và chỉ tồn tại 10^{-23} giây. Nhưng chúng có thể hiển hiện trong số những vết của các hạt hạ nguyên tử được LHC tạo ra.

Các nhà vật lý cũng hy vọng rằng các tia vũ trụ từ khoảng không vũ trụ có thể chứa các lỗ đen mini. Đài quan sát tia vũ trụ Pierre Auger tại Argentina nhạy tới mức nó có thể phát hiện một số chóp tia vũ trụ lớn nhất từng được khoa học ghi nhận. Các lỗ đen mini tự nhiên có thể được tìm thấy trong số các tia vũ trụ sẽ tạo ra một trận mưa bức xạ đặc trưng khi va vào thượng tầng khí quyển Trái Đất. Một tính toán chỉ ra rằng thiết bị dò tia vũ trụ Auger có thể có khả năng nhận ra tới mười trận mưa các tia vũ trụ mỗi năm do một lỗ đen mini gây ra.

Một lỗ đen mini nếu được phát hiện bởi LHC ở Thụy Sĩ hoặc bởi thiết bị dò tia vũ trụ Auger ở Argentina trong thập niên này có thể cung cấp bằng chứng tin cậy cho sự tồn tại của các vũ trụ song song. Mặc dù nó sẽ không chứng minh một cách thuyết phục tính đúng đắn của thuyết dây, nhưng sẽ thuyết phục toàn thể cộng đồng vật lý rằng thuyết dây là phù hợp với mọi kết quả thực nghiệm và đang đi đúng hướng.

CÁC LỖ ĐEN VÀ NGHỊCH LÝ THÔNG TIN

Thuyết dây cũng có thể làm sáng tỏ một số nghịch lý bí ẩn nhất của vật lý lỗ đen, chẳng hạn như nghịch lý thông tin. Bạn hẳn còn nhớ, các lỗ đen không phải đen hoàn toàn mà còn phát ra các lượng nhỏ bức xạ thông qua chui hầm. Bởi vì theo thuyết lượng tử, luôn luôn tồn tại một cơ hội rất nhỏ rằng bức xạ có thể thoát khỏi hấp dẫn của một lỗ đen. Điều này làm cho bức xạ sẽ rò rỉ chậm rãi từ một lỗ đen, được gọi là bức xạ Hawking.

Đổi lại chính bức xạ này cũng sinh nhiệt (tỉ lệ thuận với diện tích bề mặt của chân trời sự kiện). Hawking đã đưa ra một phép rút ra kết quả chung chung của đẳng thức này hàm chứa rất nhiều dữ liệu cảm tính. Tuy nhiên, một phép rút ra kết quả nghiêm ngặt này sẽ đòi hỏi phải sử dụng toàn bộ sức mạnh của cơ học thống kê (dựa trên việc đếm các trạng thái lượng tử của một lỗ đen). Thông thường, các tính toán cơ học thống kê được thực hiện bằng việc đếm số lượng các trạng thái mà một nguyên tử hay một phân tử có thể chiếm. Nhưng bạn đếm số trạng thái lượng tử của một lỗ đen như thế nào? Theo thuyết của Einstein, lỗ đen là trơn tru hoàn hảo, do đó việc đếm các trạng thái lượng tử là vô cùng khó khăn.

Các nhà lý luận thuyết dây nóng lòng muốn lấp lỗ hổng này, vì thế Andrew Strominger và Cumrum Vafa từ Đại học Harvard đã quyết định sử dụng thuyết M để phân tích một lỗ đen. Vì bản thân lỗ đen rất khó nghiên cứu, nên họ đã chọn một cách tiếp cận khác và đặt ra một câu hỏi thông minh: cái gì là nhị nguyên của một lỗ đen? (Chúng ta đã biết rằng một electron là nhị nguyên với một đơn cực từ, chẳng hạn như một cực bắc đơn lẻ. Do đó, bằng cách kiểm tra một electron trong một điện trường yếu, một điều dễ làm, chúng ta có thể phân tích một thử nghiệm khó khăn hơn nhiều: một đơn cực đặt trong một từ trường rất lớn.) Hy vọng cho thí nghiệm là nhị nguyên của lỗ đen có thể dễ phân tích hơn so với chính lỗ đen, mặc dù cuối cùng chúng sẽ tạo ra cùng một kết quả. Bằng một loạt các thao tác toán học, Strominger và Vafa đã có thể chỉ ra rằng các lỗ đen là nhị nguyên với một bộ tập hợp các màng một và các màng năm. Điều này là một cứu viện to lớn, vì việc đếm các trạng thái lượng tử của các màng này đã được biết. Sau đó, Strominger và Vafa đã tính toán số lượng các trạng thái lượng tử và thấy rằng câu trả lời tái tạo chính xác kết quả của Hawking.

Đây là một mẩu tin vui. Thuyết dây, đôi khi bị nhạo báng vì không gắn kết với thế giới thực, có lẽ đã đưa ra lời giải tao nhã nhất cho nhiệt động lực học lỗ đen.

Bây giờ, các nhà lý luận thuyết dây đang cố gắng giải quyết vấn đề khó khăn nhất trong vật lý lỗ đen, là "nghịch lý thông tin". Hawking đã lập luận rằng nếu bạn ném một cái gì đó vào một lỗ đen, thông tin nó mang theo bị mất đi mãi mãi, không bao giờ nảy bật trở lại. (Điều này sẽ là một cách thông minh để phạm một tội ác hoàn hảo. Một tội phạm có thể sử dụng một lỗ đen để tiêu hủy mọi bằng chứng buộc tội.) Từ xa, các tham số duy nhất mà chúng ta có thể đo đạc một lỗ đen là khối lượng, spin và điện tích của nó. Bất kể bạn ném cái gì vào một lỗ đen, tất cả thông tin của nó sẽ biến mất. (Điều này dẫn đến phát biểu rằng "lỗ đen trọc lóc" - nghĩa là, chúng đã mất tất cả các thông tin, tất cả "tóc", ngoại trừ ba tham số trên.)

Sự mất mát thông tin từ vũ trụ của chúng ta có vẻ là một hệ quả tất yếu từ thuyết của Einstein, nhưng điều này vi phạm các nguyên lý của cơ học lượng tử, trong đó phát biểu rằng thông tin không bao giờ có thể thực sự mất đi. Nó chắc hẳn đang trôi nổi ở một nơi nào đó trong vũ trụ của chúng ta, dù vật thể gốc đã bị ném xuống họng của một lỗ đen.

"Phần lớn các nhà vật lý muốn tin rằng thông tin không bị mất đi," Hawking đã viết, "vì điều này sẽ làm cho thế giới an toàn và có thể dự đoán được. Nhưng tôi tin rằng nếu nghiêm túc giải thích thuyết tương đối rộng của Einstein, người ta phải cho phép khả năng rằng không-thời gian ràng buộc chính nó trong các nút thắt và rằng thông tin bị mất đi trong các nếp gấp. Việc xác định thông tin có thực sự bị mất hay không là một trong những câu hỏi lớn của vật lý lý thuyết ngày nay."*

Nghịch lý đã đẩy Hawking chống lại phần lớn các nhà lý luận thuyết dây này hiện vẫn chưa được giải quyết. Nhưng các nhà lý luận thuyết dây vẫn đánh cược rằng chúng ta cuối cùng sẽ tìm thấy nơi mà thông tin thất lạc đã tới. (Chẳng hạn, nếu bạn ném cuốn sách vào một lỗ đen, có thể hiểu được rằng thông tin có trong cuốn sách sẽ nhẹ nhàng thấm ngược trở lại vũ trụ của chúng ta dưới dạng các rung động nhỏ chứa trong bức xạ Hawking của một lỗ đen đang bốc hơi. Hoặc có lẽ nó tái xuất hiện từ một hố trắng ở phía bên kia của lỗ đen.) Đó là lý do tại sao cá nhân tôi cảm thấy rằng khi ai đó tính toán được điều gì xảy ra với thông tin khi nó biến mất vào trong một lỗ đen trong thuyết dây, sẽ thấy rằng thông tin không thực sự mất đi mà tái xuất hiện tinh tế ở một nơi khác.

Năm 2004, quan điểm đảo ngược đầy kinh ngạc của Hawking xuất hiện nổi bật trên trang nhất của tờ *New York Times* khi ông tuyên bố trước ống kính truyền hình rằng mình đã sai về vấn đề thông tin. (Ba mươi năm trước, ông đã đánh cuộc với các nhà vật lý khác rằng thông tin không bao giờ có thể rò rỉ ra khỏi một lỗ đen. Bên thua cược phải trả bên thắng một quyển bách khoa thư, mà thông tin từ đó có thể dễ dàng lấy ra.) Làm lại một số tính toán trước đó của mình, ông đã kết luận rằng nếu một vật thể như một cuốn sách rơi vào một lỗ đen, nó có thể gây nhiễu trường bức xạ mà lỗ đen phát ra, cho phép thông tin rò rỉ ngược trở lại vũ trụ. Thông tin có trong cuốn sách có thể được mã hóa trong bức xạ rồi thẩm thấu ra khỏi lỗ đen, nhưng ở dạng bị hư hại.

Một mặt, với quan điểm này Hawking đã gia nhập nhóm phần lớn các nhà vật lý lượng tử, những người tin rằng thông tin không thể mất đi. Nhưng nó cũng đặt ra câu hỏi: liệu thông tin có thể truyền cho một vũ trụ song song? Nhìn bề ngoài, kết quả của ông dường như khiến chúng ta nghi ngờ ý tưởng rằng thông tin có thể đi qua lỗ giun vào một vũ trụ song song. Tuy nhiên, không ai tin rằng đây là lời giải cuối cùng cho chủ đề này. Cho đến khi nào thuyết dây phát triển đầy đủ, hoặc hấp dẫn lượng tử được tính toán hoàn hảo, sẽ không một ai tin rằng nghịch lý thông tin được giải quyết hoàn toàn.

VŨ TRỤ TOÀN ẢNH

Cuối cùng, thuyết M đưa ra một dự báo khá bí ẩn và khó hiểu nhưng lại có các hệ quả vật lý và triết học sâu xa. Kết quả thông tin không bị mất đi buộc chúng ta phải đặt câu hỏi: phải chăng vũ trụ là một hình toàn ảnh? Có một "vũ trụ bóng", trong đó cơ thể chúng ta tồn tại trong một dạng hai chiều bị nén? Điều này nêu lên một câu hỏi khác cũng nan giải không kém: phải chăng vũ trụ là một chương trình máy tính? Liệu vũ trụ có thể được ghi trên một đĩa CD, được phát khi chúng ta nhàn rỗi?

Các hình toàn ảnh (thường gọi là hình nổi ba chiều) hiện nay được tìm thấy trên các thẻ tín dụng, trong các viện bảo tàng cho trẻ em, và trong các khu vui chơi giải trí. Chúng rất đáng chú ý vì có thể tạo ra một hình ảnh ba chiều trọn vẹn trên một bề mặt hai chiều. Thông thường, nếu bạn nhìn qua một bức ảnh và sau đó nghiêng đầu nhìn theo một hướng khác, hình ảnh trên bức ảnh không thay đổi. Nhưng một hình toàn ảnh lại khác hẳn. Khi bạn nhìn một hình toàn ảnh và sau đó di chuyển đầu, bạn thấy hình ảnh này đang thay đổi, như thể mình đang ngắm nhìn nó qua một cửa sổ hoặc một lỗ khóa. (Các hình toàn ảnh rốt cuộc có thể được ứng dụng tạo ra truyền hình và phim ảnh ba chiều. Trong tương lai, có lẽ chúng ta sẽ ngồi thư giãn trong phòng khách và ngắm nhìn những vùng đất xa xôi nào đó qua một màn hình ti vi treo tường ba chiều hoàn hảo, như thể nhìn bao quát phong cảnh mới qua một cửa sổ. Hơn nữa, nếu màn hình ti vi treo tường có hình dạng một hình trụ lớn bao quanh phòng khách, nó sẽ tạo ra cảm giác như thể chúng ta đã được chở thẳng đến một thế giới mới lạ. Khi nhìn vào bất cứ nơi nào, chúng ta sẽ thấy hình ảnh ba chiều của một thực tại mới, không thể phân biệt được với cảnh vật thật.)

Bản chất của hình toàn ảnh là mặt hai chiều của nó mã hóa tất cả các thông tin cần thiết để tái tạo một hình ảnh ba chiều. (Các hình toàn ảnh được tạo nên trong phòng thí nghiệm bằng cách chiếu ánh sáng laser lên một tấm giấy ảnh nhạy sáng và cho phép ánh sáng này giao thoa với ánh sáng laser từ nguồn phát. Hai nguồn ánh sáng giao thoa tạo ra một mẫu hình giao thoa "đóng băng" hình ảnh lên tấm giấy ảnh hai chiều.)

Một số nhà vũ trụ học đã phỏng đoán rằng cũng có thể áp dụng điều này cho bản thân vũ trụ - rằng có lẽ chúng ta đang *sống* trong một hình toàn ảnh. Nguồn gốc của suy đoán kỳ lạ này phát sinh từ vật lý lỗ đen. Bekenstein và Hawking phỏng đoán rằng tổng lượng thông tin có trong một lỗ đen tỉ lệ thuận với diện tích bề mặt chân trời sự kiện của nó (là một mặt cầu). Đây là một kết quả kỳ lạ, vì thông thường thông tin được lưu trữ trong một vật thể tỉ lệ thuận với thể tích của nó. Ví dụ, lượng thông tin được lưu trữ trong một cuốn sách tỉ lệ thuận với kích thước của sách, chứ không phải với diện tích bề mặt tờ bìa của nó. Theo trực giác chúng ta biết rằng không thể đánh giá một cuốn sách theo bìa của nó. Nhưng trực giác này không phù hợp với các lỗ đen: chúng ta hoàn toàn có thể đánh giá một lỗ đen theo phần bao quanh nó.

Chúng ta có thể loại bỏ giả thuyết lạ lùng này vì tự bản thân các lỗ đen là những thứ kỳ quặc, nơi trực giác thông thường bị phá sản. Tuy nhiên, kết quả này cũng áp dụng cho thuyết M, là thuyết có thể miêu tả toàn thể vũ trụ tốt nhất. Năm 1997, Juan Maldacena tại Viện Nghiên cứu cao cấp ở Princeton đã tạo ra một tin khá giật gân khi ông đã chỉ ra rằng thuyết dây dẫn tới một kiểu vũ trụ toàn ảnh mới.

Ông đã bắt đầu với một "vũ trụ phản de Sitter" năm chiều thường xuất hiện trong thuyết dây và thuyết siêu hấp dẫn. Vũ trụ de Sitter gắn với một hằng số vũ trụ dương tạo ra một vũ trụ đang tăng tốc. (Chúng ta nhớ lại rằng vũ trụ hiện đang tồn tại của chúng ta là một vũ trụ de Sitter, với một hằng số vũ trụ đang đẩy các thiên hà ra xa với các vận tốc ngày càng nhanh hơn. Một vũ trụ phản de Sitter có một hằng số vũ trụ âm và vì thế có thể nổ tung vào trong.) Maldacena đã chỉ ra rằng có một nhị nguyên giữa vũ trụ năm chiều này và "đường biên" của nó, là một vũ trụ bốn chiều.* Điều kỳ lạ là bất kỳ sinh vật nào sống trong không gian năm chiều sẽ tương đương về mặt toán học với các sinh vật sống trong không gian bốn chiều. Ta không có cách nào để tách rời chúng ra.

Hãy nghĩ tới một ví von đại khái, đó là những con cá cảnh đang bơi trong bình. Những con cá này nghĩ rằng bình cá của chúng tương ứng với thực tại. Bây giờ hãy tưởng tượng một hình toàn ảnh hai chiều của những con cá này được chiếu lên bề mặt của bình cá. Hình ảnh này chứa một bản sao như thật, mang đầy đủ chi tiết của những con cá ban đầu, ngoại trừ việc chúng là phẳng. Bất kỳ chuyển động nào mà lũ cá thực hiện trong bình cá được phản chiếu bằng hình ảnh phẳng trên bề mặt bình cá. Cả những con cá đang bơi trong bình cá và những con cá phẳng hóa sống trên bề mặt bình cá đều nghĩ rằng chúng là những con cá thật, còn những con kia chỉ là ảo ảnh. Cả hai lũ cá đều sống động và hành động như thể chúng là những con cá thật. Miêu tả nào là chính xác? Thực tế thì cả hai đều chính xác vì về mặt toán học chúng tương đương nhau và không thể phân biệt được.

Điều khiến các nhà lý luận thuyết dây phấn khích là tương đối dễ dàng tính toán không gian phản de Sitter năm chiều, trong khi các thuyết trường bốn chiều nổi tiếng là rất khó nắm bắt. (Thậm chí ngày nay, sau nhiều thập kỷ làm việc miệt mài, các máy tính mạnh nhất của chúng ta vẫn không thể giải quyết được mô hình quark bốn chiều và rút ra khối lượng của proton và notron. Bản thân các phương trình quark khá dễ hiểu, nhưng áp dụng chúng vào bốn chiều để nắm bắt tính chất của các proton và các notron lại khó khăn hơn so với suy nghĩ trước đây.) Một mục tiêu là tính toán các khối lượng và các tính chất của proton và notron thông qua việc sử dụng tính nhị nguyên kỳ lạ này.

Tính nhị nguyên toàn ảnh này cũng có thể có các ứng dụng thực tế, chẳng hạn như giải quyết vấn đề thông tin trong vật lý lỗ đen. Trong bốn chiều, cực kỳ khó chứng minh rằng thông tin không bị mất đi khi chúng ta ném các vật thể qua một lỗ đen. Nhưng không gian bốn chiều là nhị nguyên với một không gian năm chiều, trong đó thông tin có lẽ không bao giờ bị mất. Hy vọng là các vấn đề vốn bất trị trong bốn chiều (chẳng hạn như vấn đề thông tin, việc tính toán các khối lượng của mô hình quark, v.v.) cuối cùng có thể được giải quyết trong năm chiều, nơi các tính toán trở nên đơn giản hơn. Và luôn tồn tại khả năng không gian năm chiều trên thực tế là hình ảnh phản chiếu của thế giới thực - rằng chúng ta thực sự tồn tại như là các hình toàn ảnh.

PHẢI CHĂNG VŨ TRỤ LÀ MỘT CHƯƠNG TRÌNH MÁY TÍNH?

Ta đã biết John Wheeler tin rằng mọi thực tại vật lý có thể được quy giản thành thông tin thuần túy. Bekenstein đẩy ý tưởng về thông tin lỗ đen dấn thêm một bước nữa vào vùng biển chưa được thám hiểm bằng cách đặt ra một câu hỏi: phải chăng toàn thể vũ trụ là một chương trình máy tính? Liệu chúng ta có phải chỉ là các bit trên một đĩa CD vũ trụ?

Câu hỏi liệu chúng ta có đang sống trong một chương trình máy tính hay không đã được đưa lên màn ảnh bạc một cách xuất sắc trong phim *The Matrix* (Ma trận), nơi mà những người ngoài Trái Đất đã biến đổi mọi thực tại tự nhiên thành một chương trình máy tính. Hàng tỉ người nghĩ rằng cuộc sống hằng ngày của họ là thực, mà không biết một thực tế rằng tất cả những điều này chỉ là một ảo ảnh do máy tính tạo ra, trong khi cơ thể thực sự của họ đang ngủ trong những chiếc kén, được người ngoài Trái Đất sử dụng như một nguồn năng lượng.

Trong phim, người ta có thể chạy các chương trình máy tính nhỏ hơn để tạo ra các tiểu thực tại nhân tạo. Nếu muốn trở thành một võ sư kungfu hay một phi công lái máy bay trực thăng, thì chỉ cần nhét một đĩa CD vào máy tính, chương trình được đưa vào bộ não của chúng ta, và ô kìa! chúng ta ngay lập tức học được những kỹ năng phức tạp này. Khi đĩa CD chạy, một tiểu thực tại hoàn toàn mới được tạo ra. Nhưng nó nêu lên một câu hỏi kích thích trí tò mò: liệu tất cả thực tại có thể được ghi trên một đĩa CD? Năng lực máy tính mô phỏng thực tại cho hàng tỉ người đang ngủ thật sự đáng kinh ngạc. Nhưng về lý thuyết, liệu toàn thể vũ trụ có thể được số hóa trong một chương trình máy tính hữu hạn?

Nguồn gốc của câu hỏi này lại là các định luật Newton về chuyển động, với các ứng dụng rất thực tế cho thương mại và cuộc sống của chúng ta. Mark Twain đã có một trong những câu nói nổi tiếng: "Mọi người phàn nàn về thời tiết, nhưng không một ai làm gì được nó." Dù nền văn minh hiện đại không thể thay đổi diễn tiến của thậm chí chỉ một cơn dông tố, nhưng các nhà vật lý đã đặt ra một câu hỏi khiêm tốn hơn: liệu chúng ta có thể dự báo thời tiết? Liệu có thể nghĩ ra được một chương trình máy tính có thể dự báo diễn tiến của các hình thái thời tiết phức tạp trên Trái Đất? Điều này có các ứng dụng thực tiễn cho những người quan tâm tới thời tiết, từ những bác nông dân muốn biết khi nào cần thu hoạch mùa vụ cho tới các nhà khí tượng học muốn biết quá trình ấm lên toàn cầu trong thế kỷ này.

Về nguyên tắc, các máy tính có thể sử dụng các định luật Newton về chuyển động để tính toán với độ chuẩn xác gần như tuyệt đối diễn tiến của các phân tử tạo nên thời tiết. Nhưng thực tế thì các chương trình máy tính còn rất thô sơ và không đáng tin cậy khi dự báo thời tiết của một vài ngày hoặc hơn. Để dự báo thời tiết, người ta sẽ cần phải xác định chuyển động của mọi phân tử không khí - điều vượt quá sự tính toán của máy tính mạnh nhất của chúng ta; ngoài ra còn có vấn đề của lý thuyết hỗn độn và "hiệu ứng cánh bướm", đến nỗi ngay cả những rung động nhỏ nhất từ một cánh bướm có thể gây ra một hiệu ứng gợn sóng mà, trong các hoàn cảnh then chốt, có thể thay đổi hoàn toàn thời tiết ở một nơi cách xa hàng trăm dặm.

Các nhà toán học tóm lược tình huống này bằng cách phát biểu rằng mô hình nhỏ nhất có thể miêu tả chính xác thời tiết là chính bản thân thời tiết. Thay vì phân tích tỉ mỉ mỗi phân tử, tốt nhất chúng ta nên tìm kiếm các ước đoán cho thời tiết ngày mai và cho các xu hướng và các mô hình lớn hơn (như hiệu ứng nhà kính).

Vậy nên, để quy giản thế giới Newton thành một chương trình máy tính là điều vô cùng khó khăn, vì có quá nhiều biến số và quá nhiều "cánh bướm". Nhưng trong thế giới lượng tử, những điều kỳ lạ luôn xảy ra.

Bekenstein, như chúng ta đã biết, đã chỉ ra rằng tổng lượng thông tin của một lỗ đen tỉ lệ thuận với diện tích bề mặt chân trời sự kiện của nó. Có một cách trực quan để nhận thấy điều này. Nhiều nhà vật lý học tin rằng ở khoảng cách nhỏ nhất có thể có là độ dài Planck 10^{-33} cm, không-thời gian không còn trơn mịn mà "sủi bọt", tương tự như một bọt bong bóng. Chúng ta có thể phân chia bề mặt cầu của chân trời thành các hình vuông nhỏ, mỗi hình vuông có kích thước bằng độ dài Planck. Nếu mỗi hình vuông này chứa một bit thông tin, thì khi cộng tất cả các hình vuông này lại, chúng ta có được tổng lượng thông tin xấp xỉ của lỗ đen. Điều này dường như chỉ ra rằng mỗi "hình vuông Planck" này là đơn vị nhỏ nhất của thông tin. Lúc đó Bekenstein tuyên bố rằng nếu điều này là đúng thì có lẽ thông tin là ngôn ngữ thật sự của vật lý, chứ không phải thuyết trường. Ông nói: "Thuyết trường, với tính vô hạn của nó, không thể là viễn cảnh cuối cùng."*

Kể từ công trình của Michael Faraday trong thế kỷ 19, các công thức vật lý đã được phát biểu theo ngôn ngữ của các trường mịn và liên tục, và chúng đo đạc cường độ của từ, điện, hấp dẫn, v.v. tại điểm bất kỳ trong không-thời gian. Nhưng thuyết trường dựa trên các cấu trúc liên tục, chứ không phải các cấu trúc số hóa. Một trường có thể chiếm giá trị bất kỳ, trong khi một cấu trúc được số hóa chỉ là những số rời rạc dựa trên các con số 0 và 1. Chẳng hạn, sự khác giữa một tấm cao su nhẵn tìm thấy trong thuyết của Einstein và một lưới dây mịn là tấm cao su có thể được chia ra thành vô số điểm, trong khi khoảng cách nhỏ nhất của một lưới là chiều dài mắt lưới.

Bekenstein đề xuất rằng: "Một thuyết cuối cùng phải đề cập tới, không phải là các trường, thậm chí cũng không phải là không-thời gian, mà là thông tin trao đổi giữa các tiến trình vật lý."*

Nếu vũ trụ có thể được số hóa và biến đổi thành các con số 0 và 1, thì tổng lượng thông tin của vũ trụ là gì? Bekenstein ước tính rằng một lỗ đen kích thước bề ngang khoảng 1 cm có thể chứa 10^{66} bit thông tin. Nhưng nếu một vật thể kích thước 1 cm có thể chứa nhiều bit thông tin như thế, thì ông ước tính rằng vũ trụ hiện hữu có lẽ chứa nhiều thông tin hơn, không dưới 10^{100} bit thông tin (về nguyên lý nó có thể được nén chặt thành một quả cầu có đường kính bằng 1/10 của một năm ánh sáng. Con số khổng lồ này, 1 theo sau là 100 số không, được gọi là một google(1).)

Nếu bức tranh này là chính xác, chúng ta có một tình huống kỳ lạ. Nghĩa là trong khi một thế giới Newton không thể được mô phỏng bằng các máy tính (hoặc chỉ có thể được mô phỏng bằng một hệ thống cũng lớn như chính nó), thì trong một thế giới lượng tử, có lẽ tự bản thân vũ trụ *có thể* được ghi trong một đĩa CD! Về lý thuyết, nếu chúng ta có thể ghi 10^{100} bit thông tin trên đĩa CD, thì chúng ta có thể theo dõi bất kỳ sự kiện nào trong vũ trụ của chúng ta diễn ra trong phòng khách của mình. Về nguyên lý, ta có thể sắp xếp hoặc lập trình lại các bit thông tin trên đĩa CD này, để thực tại vật lý diễn tiến theo một kiểu khác. Theo một nghĩa nào đó, ta có quyền năng viết lại các kịch bản như Chúa.

(Bekenstein cũng thừa nhận rằng tổng lượng thông tin của vũ trụ có thể lớn hơn nhiều so với con số trên. Thực ra, dung

---

1. Hay googol, do Milton Sirotta đặt tên năm 1938.

lượng nhỏ nhất có thể chứa thông tin của vũ trụ có thể có kích thước bằng chính bản thân vũ trụ. Nếu điều này là đúng, thì chúng ta lại trở lại điểm xuất phát: hệ thống nhỏ nhất có thể làm mô hình vũ trụ là chính bản thân vũ trụ.)

Tuy nhiên, thuyết dây cung cấp một diễn giải hơi khác về "khoảng cách nhỏ nhất" và liệu chúng ta có thể số hóa vũ trụ trên một đĩa CD hay không. Thuyết M sở hữu những gì được gọi là nhị nguyên T. Tôi từng đề cập rằng nhà triết học Hy Lạp là Zeno đã từng nghĩ một đường có thể được chia thành vô hạn điểm. Ngày nay, các nhà vật lý lượng tử như Bekenstein tin rằng khoảng cách nhỏ nhất có thể là khoảng cách Planck, nơi kết cấu của không-thời gian trở thành các sủi bọt và bong bóng. Nhưng thuyết M lại tạo ra một khúc ngoặt mới cho điều này. Giả sử rằng chúng ta có một thuyết dây và cuộn một chiều lại thành vòng tròn bán kính *R*. Sau đó chúng ta lấy một dây khác và cuộn một chiều thành một vòng tròn bán kính $1/R$. Bằng cách so sánh hai thuyết hoàn toàn khác nhau này, chúng ta thấy rằng chúng chính xác là như nhau.

Bây giờ hãy thu nhỏ *R*, nhỏ hơn nhiều so với độ dài Planck. Lúc này vật lý trong phạm vi độ dài Planck đồng nhất với vật lý bên ngoài độ dài Planck. Tại độ dài Planck, không-thời gian có thể trở nên sần sùi và sủi bọt, nhưng vật lý bên trong độ dài Planck và vật lý tại các khoảng cách vô cùng lớn có thể là mịn và trên thực tế là đồng nhất.

Tính nhị nguyên này lần đầu tiên được đồng nghiệp cũ của tôi là Keiji Kikkawa và học trò của Kikkawa là Masami Yamasaki, từ Đại học Osaka, phát hiện vào năm 1984. Mặc dù thuyết dây kết luận rõ ràng rằng có một "khoảng cách nhỏ nhất", là độ dài Planck, nhưng vật lý không đột ngột kết thúc ở độ dài Planck. Khúc ngoặt mới chính là vật lý nhỏ hơn thang độ dài Planck tương đương với vật lý lớn hơn độ dài Planck.

Nếu diễn giải khá lộn ngược này là đúng, thì có nghĩa là thậm chí trong phạm vi "khoảng cách nhỏ nhất" của thuyết dây, toàn bộ một vũ trụ có thể tồn tại. Nói cách khác, chúng ta vẫn có thể sử dụng thuyết trường, với các cấu trúc liên tục (không phải số hóa) của nó để miêu tả vũ trụ, thậm chí tới những khoảng cách sâu bên trong năng lượng Planck. Vì thế có lẽ vũ trụ không phải là một chương trình máy tính nào cả. Trong bất kỳ trường hợp nào, vì đây là một vấn đề được xác định rõ, nên thời gian sẽ trả lời.

(Tính nhị nguyên T này là sự biện minh cho kịch bản "tiền vụ nổ lớn" của Veneziano mà tôi đã đề cập trước đây. Trong mô hình đó, một lỗ đen sụp đổ tới độ dài Planck và sau đó "bật ngược" trở lại thành vụ nổ lớn. Sự bật ngược này không phải là một sự kiện đột ngột mà là nhị nguyên T mịn giữa một lỗ đen nhỏ hơn độ dài Planck và một vũ trụ đang dãn nở lớn hơn độ dài Planck.)

SỰ KẾT THÚC?

Nếu thuyết M thành công, nếu quả thật nó là một thuyết vạn vật, phải chăng nó là sự kết thúc của vật lý như chúng ta đã biết?

Câu trả lời là không. Hãy cho phép tôi đưa ra một ví dụ về cờ vua. Cho dù biết hết các quy tắc của cờ vua, chúng ta cũng không trở thành một đại kiện tướng. Tương tự, biết các quy luật của vũ trụ không có nghĩa rằng chúng ta trở thành các đại sư phụ thấu hiểu hết các biến thể đa dạng của lời giải về vũ trụ.

Cá nhân tôi nghĩ rằng vẫn còn hơi sớm để áp dụng thuyết M cho vũ trụ học, mặc dù nó đã vẽ nên một bức tranh mới đầy sửng sốt về sự hình thành của vũ trụ. Tôi cho rằng vấn đề chính là mô hình này chưa phải ở dạng cuối cùng của nó. Thuyết M rất có thể là thuyết vạn vật, nhưng còn lâu nữa mới hoàn tất. Thuyết này đã phát triển giật lùi kể từ năm 1968, và các phương trình cuối cùng của nó vẫn chưa được tìm thấy. (Chẳng hạn, thuyết dây có thể được phát biểu thành công thức thông qua thuyết trường dây, như Kikkawa và tôi đã chỉ ra vài năm trước. Các phương trình tương ứng cho thuyết M vẫn là ẩn số.)

Tuy nhiên, cũng có một vài vấn đề đe dọa thuyết M. Một là, các nhà vật lý hiện đang ngập chìm trong các màng *p*. Một loạt các bài báo đã được viết ra cố gắng lập danh lục tất cả các màng đa dạng đang tồn tại trong các chiều khác nhau. Có các màng với hình dáng giống như một chiếc bánh rán thủng một lỗ, một chiếc bánh rán thủng nhiều lỗ, các màng giao nhau, v.v.

Hãy nhớ điều xảy ra trong một câu chuyện ngụ ngôn về các thầy bói mù thông thái giáp mặt với một con voi. Khi họ sờ vào con voi ở những chỗ khác nhau, mỗi người đều nêu lên lý thuyết của riêng mình. Thầy sờ vào đuôi nói rằng con voi là một màng một (một dây). Thầy sờ vào tai lại nói rằng con voi là một màng hai (một màng). Còn thầy bói cuối cùng cho rằng cả hai thầy bói kia đều sai. Sờ vào các chân, to như các thân cây, người này cho rằng con voi thực sự là một màng ba. Vì họ là những người mù nên không thể nhìn thấy bức tranh lớn hơn, theo đó tất cả màng một, màng hai, và màng ba này thực chất chỉ là của một con voi duy nhất.

Tương tự, thật khó để tin rằng đâu là màng nền tảng trong số hàng trăm màng tìm thấy của thuyết M. Hiện nay, chúng ta vẫn chưa hiểu thấu đáo thuyết M. Theo quan điểm của tôi, làm định hướng cho nghiên cứu hiện thời của tôi, các màng và dây này tượng trưng cho "sự cô đọng" của không gian. Einstein đã cố miêu tả vật chất bằng các thuật ngữ hình học thuần túy, như là loại nút thắt nào đó trong kết cấu không-thời gian. Chẳng hạn, nếu chúng ta có một tấm khăn trải giường và một nút thắt, nút thắt này tác động như thể nó có một cuộc sống riêng của chính nó. Einstein cố gắng lập mô hình electron và các hạt cơ bản khác như là loại nhiễu loạn nào đó trong mô hình không-thời gian. Mặc dù ông đã thất bại, nhưng ý tưởng này có thể được hồi sinh ở cấp độ cao hơn nhiều trong thuyết M.

Tôi tin rằng Einstein đã đi đúng hướng. Ý tưởng của ông là tạo ra vật lý hạ nguyên tử thông qua hình học. Thay vì cố gắng tìm một sự tương tự hình học cho các hạt điểm, theo chiến lược của Einstein, người ta có thể sửa đổi và cố gắng xây dựng một sự tương tự hình học của các dây và các màng được tạo ra từ không-thời gian thuần túy.

Một cách để thấy sự hợp lý của cách tiếp cận này là quan sát lịch sử của ngành vật lý. Trong quá khứ, bất cứ khi nào các nhà vật lý đương đầu với một chuỗi các đối tượng, chúng ta nhận ra rằng chúng phải có một thứ nền tảng hơn làm gốc rễ. Ví dụ, khi phát hiện ra các vạch quang phổ phát xạ từ khí hyđrô, chúng ta cuối cùng đã nhận ra rằng chúng bắt nguồn từ nguyên tử, từ các bước nhảy lượng tử do electron thực hiện khi quay tròn xung quanh hạt nhân. Tương tự, khi đương đầu với sự tăng nhanh của các hạt mạnh trong thập niên 1950, các nhà vật lý cuối cùng đã nhận ra rằng chúng chỉ là trạng thái liên kết của các quark. Và khi đương đầu với sự tăng nhanh của các quark và các hạt "cơ bản" khác của Mô hình Chuẩn, phần lớn các nhà vật lý lúc ấy tin rằng chúng sinh ra từ các rung động của dây.

Với thuyết M, chúng ta phải đương đầu với sự gia tăng của các dạng màng *p* và biến thể của chúng. Thật khó để tin rằng các màng này là nền tảng, vì đơn giản là có quá nhiều màng *p* không ổn định và phân kỳ. Một giải pháp đơn giản, phù hợp với cách tiếp cận lịch sử, là giả định rằng thuyết M bắt nguồn từ một mô hình thậm chí còn đơn giản hơn, có lẽ là chính bản thân hình học.

Để trả lời câu hỏi nền tảng này, chúng ta cần phải biết nguyên lý vật lý làm cơ sở cho thuyết này, chứ không chỉ mỗi định thức toán học khó hiểu của nó. Như nhà vật lý Brian Greene phát biểu: "Hiện tại, các nhà lý luận thuyết dây đang ở vị trí tương tự như Einstein khi bị mất nguyên lý tương đương. Kể từ dự đoán sáng suốt của Veneziano vào năm 1968, thuyết dây đã được ráp nối cùng nhau, khám phá nối tiếp khám phá, cách mạng nối tiếp cách mạng. Nhưng một nguyên tắc bao trùm các khám phá này và tất cả các đặc trưng khác của thuyết dây trong khuôn khổ bao quát và có hệ thống - một khuôn khổ làm cho sự tồn tại của mỗi thành phần riêng biệt là chắc chắn tuyệt đối - vẫn chưa thể tìm thấy. Nếu nguyên tắc này được phát hiện, nó sẽ đánh dấu thời khắc quyết định trong sự phát triển của thuyết dây, vì nó sẽ phô bày nội tại của thuyết với sự rõ ràng không lường trước được."*

Nó cũng sẽ giúp ta hiểu được hàng triệu lời giải đã được tìm thấy cho thuyết dây cho đến nay, mỗi một lời giải tương ứng với một vũ trụ tự nhất quán hoàn toàn. Trong quá khứ, người ta đã nghĩ rằng, trong khu rừng rậm các lời giải này, chỉ có một lời giải thực sự cho thuyết dây. Ngày nay, tư duy của chúng ta đang thay đổi. Cho đến nay, không có cách nào để lựa chọn ra một vũ trụ trong số hàng triệu lời giải đã được phát hiện. Ngày càng có nhiều quan điểm cho rằng nếu chúng ta không thể tìm thấy lời giải duy nhất cho thuyết dây, có thể là vì chẳng có lời giải nào như vậy. Mọi lời giải đều bình đẳng. Có tồn tại một đa vũ trụ, với mỗi vũ trụ đều phù hợp nhất quán với mọi quy luật vật lý. Điều này dẫn chúng ta tới cái được gọi là nguyên lý vị nhân và khả năng tồn tại của một "nhà thiết kế vũ trụ".

CHƯƠNG TÁM

NHÀ THIẾT KẾ VŨ TRỤ?

> Vô vàn vũ trụ có lẽ đã được làm ra một cách chắp vá và cẩu thả trong suốt khoảng thời gian dài đằng đẵng, trước khi hệ thống này bị xóa bỏ; nhiều công sức mất toi, nhiều thử nghiệm vô ích được thực hiện, và đã có sự tiến bộ tuy chậm chạp nhưng liên tục ở vô số thời kỳ trong nghệ thuật tạo ra thế giới.
>
> - David Hume

Khi học lớp 2, cô giáo của tôi đã đưa ra một nhận xét giản dị mà tôi sẽ không bao giờ quên. Cô nói: "Chúa Trời quá yêu trái đất, tới mức Ngài đã đặt nó đúng chỗ dưới mặt trời." Khi lên sáu, tôi đã bị sốc trước sự đơn giản và sức mạnh của luận cứ này. Nếu Chúa đặt Trái Đất quá xa Mặt Trời, thì các đại dương có thể đã đóng băng. Nếu Ngài đặt Trái Đất quá gần, thì các đại dương có thể đã sôi lên ùng ục. Với cô giáo tôi, điều này có nghĩa rằng Chúa không chỉ tồn tại, mà Ngài cũng nhân từ, Ngài yêu Trái Đất tới mức Ngài đã đặt nó đúng vị trí cách Mặt Trời. Điều này đã gây ra ấn tượng sâu sắc với tôi.

Ngày nay, các nhà khoa học nói rằng Trái Đất ở trong "vùng sinh sống được" trong hệ Mặt Trời, đủ xa để cho nước tồn tại ở dạng lỏng, thứ "dung môi vũ trụ" tạo ra các chất của sự sống. Nếu Trái Đất nằm xa Mặt Trời hơn, nó có thể trở nên giống như sao Hỏa, một "hoang mạc đóng băng", một bề mặt khắc nghiệt và cằn cỗi, nơi mà nước và thậm chí cả điôxít cacbon thường cũng đông cứng. Ngay cả dưới lớp đất đá của sao Hỏa người ta cũng tìm thấy tầng băng vĩnh cửu là một lớp nước đóng băng vĩnh cửu.

Nếu Trái Đất nằm gần Mặt Trời hơn, thì nó có thể giống với sao Kim nhiều hơn, một hành tinh gần như đồng nhất với

Trái Đất về kích thước nhưng được biết đến như là "hành tinh của hiệu ứng nhà kính". Vì sao Kim quá gần Mặt Trời, và bầu khí quyển được hợp thành từ điôxít cacbon, nên năng lượng của các tia sáng Mặt Trời bị sao Kim giữ lại đã đẩy nhiệt độ lên tới 900 độ F (gần 500 độ C). Vì điều này, sao Kim là hành tinh có nhiệt độ trung bình nóng nhất trong hệ Mặt Trời. Với các trận mưa axít sulfuric, áp suất khí quyển lớn hơn áp suất khí quyển trên Trái Đất 100 lần, và nhiệt độ như thiêu như đốt, sao Kim có lẽ là hành tinh khắc nhiệt nhất trong hệ Mặt Trời, chủ yếu là do nó gần Mặt Trời hơn so với Trái Đất.

Phân tích luận cứ của cô giáo lớp 2, các nhà khoa học có thể nói rằng lời phát biểu của cô là một ví dụ của nguyên lý vị nhân, trong đó nói rằng các quy luật tự nhiên được sắp xếp sao cho có thể tồn tại sự sống và ý thức. Các quy luật này được một vài nhà thiết kế vũ trụ nào đó sắp xếp hay là do ngẫu nhiên đã là chủ đề của nhiều tranh luận, đặc biệt trong những năm gần đây, vì số lượng tìm thấy áp đảo của các "ngẫu nhiên" hay các trùng hợp làm xuất hiện sự sống và ý thức. Đối với một số người, đó là bằng chứng cho thấy một vị thần đã chủ tâm sắp xếp các quy luật tự nhiên để khai sinh ra sự sống và loài người. Tuy nhiên, đối với các nhà khoa học khác, nó có nghĩa rằng chúng ta là các sản phẩm phụ của một loạt các ngẫu nhiên may mắn. Hoặc có lẽ, nếu người ta tin vào các phân nhánh của lạm phát và thuyết M, thì một đa vũ trụ đang tồn tại.

Để đánh giá đúng sự phức tạp của các luận cứ này, trước hết hãy xem xét các trùng hợp đã tạo nên sự sống trên Trái Đất. Chúng ta sống không chỉ ngay trong phạm vi vùng sinh sống được của Mặt Trời, chúng ta cũng sống trong phạm vi một loạt các vùng sinh sống được khác. Chẳng hạn, Mặt Trăng của chúng ta có kích thước vừa đủ để ổn định quỹ đạo của Trái Đất. Nếu Mặt Trăng nhỏ hơn nhiều, ngay cả các xáo trộn nhỏ trong sự tự quay của Trái Đất sẽ dần dần tích lũy qua hàng trăm triệu năm, làm cho Trái Đất quay lắc lư và khiến khí hậu biến đổi khôn lường không phù hợp để phát sinh sự sống. Các chương trình máy tính cho thấy rằng nếu không có một Mặt Trăng lớn (bằng khoảng một phần ba kích thước Trái Đất), trục Trái Đất có thể đã dịch chuyển nhiều tới 90 độ trong một khoảng thời gian nhiều triệu năm. Vì các nhà khoa học tin rằng quá trình tạo ra ADN cần phải có khí hậu ổn định trong hàng trăm triệu năm, nên một Trái Đất ngả nghiêng theo chu kỳ trên trục của nó sẽ tạo ra các kiểu thời tiết thảm họa, ngăn chặn quá trình tạo ra ADN. May mắn thay, Mặt Trăng của chúng ta có kích thước "vừa đủ" để ổn định quỹ đạo của Trái Đất, khiến cho một thảm họa như vậy sẽ không xảy ra. (Trong khi đó, các vệ tinh của sao Hỏa không đủ lớn để ổn định sự quay quanh trục của hành tinh này. Kết quả là sao Hỏa đang dần dần tiến vào một thời kỳ bất ổn định khác. Trong quá khứ, các nhà thiên văn tin rằng sao Hỏa có thể đã lắc lư trên trục của nó nhiều tới 45 độ.)

Do các lực thủy triều nhỏ, Mặt Trăng cũng đang di chuyển ra xa khỏi Trái Đất với tốc độ khoảng 4 cm mỗi năm; trong khoảng 2 tỉ năm nữa, nó sẽ quá xa để có thể ổn định sự tự quay của Trái Đất. Điều này có thể là thảm họa cho sự sống trên Trái Đất. Hàng tỉ năm nữa, bầu trời đêm sẽ không chỉ không có trăng, mà chúng ta cũng có thể thấy một tập hợp các chòm sao hoàn toàn khác, khi Trái Đất lảo đảo trên quỹ đạo của nó. Thời tiết trên Trái Đất sẽ trở nên khôn lường, làm cho sự sống không thể phát sinh.

Nhà địa chất Peter Ward và nhà thiên văn Donald Brownlee từ Đại học Washington viết: "Không có Mặt Trăng sẽ có không ánh trăng, không có các tháng, không có tình trạng điên dở theo tuần trăng, không có chương trình Apollo, thế giới sẽ ít thi vị hơn, tăm tối và ảm đạm mỗi đêm. Không có Mặt Trăng thì cũng có nhiều khả năng là không có chim chóc, tùng bách, cá voi, bọ ba thùy, hoặc sự sống cao cấp khác để làm duyên làm dáng cho Trái Đất."*

Tương tự, các mô hình máy tính về hệ Mặt Trời của chúng ta cho thấy rằng sự hiện diện của sao Mộc cũng ngẫu nhiên mang lại sự sống trên Trái Đất, vì lực hấp dẫn khổng lồ của nó giúp quăng các tiểu hành tinh vào không gian rìa ngoài của hệ. Phải mất gần 1 tỉ năm, trong "thời đại sao băng", kéo dài từ 3,5 tỉ tới 4,5 tỉ năm trước, để "dọn sạch" các mảnh vụn của các tiểu hành tinh và sao chổi còn sót lại từ quá trình hình thành hệ

Mặt Trời. Nếu sao Mộc nhỏ hơn và lực hấp dẫn của nó yếu hơn nhiều, thì hệ Mặt Trời có thể vẫn đầy các tiểu hành tinh, làm cho sự sống trên Trái Đất là không thể, vì các tiểu hành tinh lao xuống các đại dương của chúng ta và phá hủy sự sống. Vì thế, sao Mộc cũng có kích thước rất phù hợp.

Trái Đất của chúng ta cũng sống trong vùng sinh sống được của các khối hành tinh. Nếu Trái Đất nhỏ hơn một chút, lực hấp dẫn của nó sẽ yếu tới mức không thể giữ lại ôxy của mình. Hoặc nếu Trái Đất quá lớn, nó sẽ giữ lại nhiều khí độc nguyên thủy của mình, làm cho sự sống không thể phát sinh. Trái Đất có khối lượng "vừa đủ" để duy trì một thành phần khí quyển có lợi cho sự sống.

Thêm nữa, Trái Đất sống trong vùng sinh sống được ở quỹ đạo cho phép của các hành tinh. Đáng chú ý, quỹ đạo của tất cả hành tinh khác, ngoại trừ sao Diêm Vương, đều gần như là tròn, nên va chạm giữa các hành tinh hiếm xảy ra trong hệ Mặt Trời. Điều này có nghĩa là Trái Đất sẽ không đến gần bất kỳ một hành tinh khí khổng lồ nào, mà lực hấp dẫn của nó có thể dễ dàng phá bỏ quỹ đạo Trái Đất. Yếu tố này tiếp tục mang lại thuận lợi cho sự sống, vì sự sống cần hàng trăm triệu năm ổn định.

Tương tự như vậy, Trái Đất cũng tồn tại trong vùng sinh sống được của Ngân Hà: nó cách tâm Ngân Hà khoảng 2/3 bán kính Ngân Hà. Nếu hệ Mặt Trời quá gần với tâm Ngân Hà, nơi có một lỗ đen ẩn nấp, thì trường bức xạ này sẽ mạnh tới mức sự sống sẽ không thể tồn tại. Còn nếu hệ Mặt Trời cách quá xa, sẽ không đủ các nguyên tố cao hơn để tạo ra các nguyên tố cần thiết cho sự sống.

Các nhà khoa học có thể cung cấp rất nhiều ví dụ chỉ ra rằng Trái Đất nằm trong vô số các vùng sinh sống được. Hai nhà thiên văn Ward và Brownlee lập luận rằng chúng ta đang sống trong phạm vi quá nhiều các dải hẹp của các vùng sinh sống được tới mức có lẽ sự sống có trí tuệ trên trái đất là *duy nhất* trong Ngân Hà, thậm chí trong cả vũ trụ. Họ lập một danh sách các điều kiện ấn tượng khiến Trái Đất có lượng "vừa đủ": các đại dương, kiến tạo mảng, hàm lượng ôxy, hàm lượng nhiệt, độ nghiêng trục quay của nó,... để tạo ra sự sống có trí tuệ. Nếu

Trái Đất nằm ngoài chỉ một trong các dải rất hẹp ấy, thì chúng ta sẽ không có mặt ở đây để thảo luận về câu hỏi này.

Phải chăng Trái Đất đã được đặt vào giữa tất cả các vùng sinh sống được ấy vì tình thương của Chúa? Cũng có thể. Tuy nhiên, chúng ta có thể đi tới một kết luận không dựa trên một thần thánh nào cả. Có lẽ có hàng triệu hành tinh không có sự sống trong không gian vì chúng quá gần với Mặt Trời, hoặc quá gần với tâm thiên hà của chúng, hay các vệ tinh và "các sao Mộc" của chúng quá nhỏ. Các vùng sinh sống được của Trái Đất tồn tại không nhất thiết là do Chúa đã ban một phước lành đặc biệt cho chúng ta; nó có thể đơn giản chỉ là một sự trùng hợp, một hình mẫu hiếm hoi trong số hàng triệu hành tinh không có sự sống trong không gian vì nằm bên ngoài các vùng sinh sống được.

Nhà triết học Hy Lạp Democritus, người đưa ra giả thuyết về sự tồn tại của các nguyên tử, đã viết: "Có vô số thế giới với đủ các kích thước khác nhau. Trong đó, một số thế giới không có Mặt Trời mà cũng chẳng có Mặt Trăng. Lại có các thế giới khác có nhiều hơn một Mặt Trời và một Mặt Trăng. Khoảng cách giữa các thế giới là không đều, ở một số hướng có nhiều thế giới hơn... Chúng bị hủy diệt do va chạm với nhau. Một số thế giới không có sự sống của động vật và thực vật và không một chút hơi ẩm."*

Quả thật, cho đến năm 2002 các nhà thiên văn đã khám phá ra một trăm hành tinh ngoài hệ Mặt Trời đang quay quanh các ngôi sao khác. Các hành tinh ngoài hệ Mặt Trời đang được phát hiện với tần suất một hành tinh trong khoảng mỗi hai tuần. Vì các hành tinh ngoài hệ Mặt Trời không phát ra bất kỳ ánh sáng nào, nên các nhà thiên văn nhận dạng chúng thông qua nhiều phương pháp gián tiếp. Tin cậy nhất là tìm kiếm sự lắc lư của ngôi sao mẹ di chuyển tới lui khi một hành tinh có kích thước cỡ như sao Mộc xoay tròn xung quanh nó. Bằng cách phân tích dịch chuyển theo hiệu ứng Doppler của ánh sáng phát ra từ ngôi sao đang lắc lư, người ta có thể tính toán tốc độ di chuyển của nó và sử dụng các định luật Newton để tính toán khối lượng của hành tinh quay quanh ngôi sao ấy.

"Bạn có thể hình dung về một ngôi sao và một hành tinh lớn như các đôi bạn nhảy, đang quay quanh nhau trong khi vẫn nắm chặt bàn tay duỗi dài của họ. Bạn nhảy nhỏ bé hơn ở phía ngoài đang chuyển động được quãng cách lớn hơn trong một vòng tròn lớn hơn, trong khi bạn nhảy to béo hơn ở phía trong chỉ di chuyển chân mình trong một vòng tròn rất nhỏ - chuyển động xoay rất nhỏ này là trạng thái 'lắc lư' mà chúng ta thấy ở ngôi sao,"* Chris McCarthy từ Viện Carnegie phát biểu. Quá trình chuyển động này chuẩn xác tới mức chúng ta có thể phát hiện các thay đổi nhỏ với vận tốc 3 m mỗi giây (bằng tốc độ đi bộ nhanh) ở một ngôi sao cách xa hàng trăm năm ánh sáng.

Các phương pháp tài tình khác đang được đề xuất để tìm thấy thêm nhiều hành tinh hơn nữa. Một cách trong số đó là tìm kiếm một hành tinh khi nó vòng qua mặt và che khuất ngôi sao mẹ, do đó làm giảm nhẹ độ sáng của ngôi sao này. Trong vòng mười lăm tới hai mươi năm nữa, NASA sẽ phóng vệ tinh không gian đo sóng giao thoa vào quỹ đạo, vệ tinh này có khả năng tìm thấy các hành tinh nhỏ hơn, cỡ Trái Đất trong khoảng không vũ trụ. (Vì độ sáng của ngôi sao mẹ lấn át hẳn hành tinh, nên vệ tinh này sẽ sử dụng hiện tượng giao thoa ánh sáng để triệt tiêu quầng sáng mãnh liệt của ngôi sao mẹ, khiến cho hành tinh cỡ Trái Đất không bị át đi.)

Cho đến nay, không có bất kỳ hành tinh ngoài hệ Mặt Trời cỡ sao Mộc nào từng được phát hiện lại giống như Trái Đất của chúng ta, và có lẽ tất cả đều là hành tinh không có sự sống. Các nhà thiên văn đã phát hiện ra chúng trong các quỹ đạo rất lệch tâm hoặc trong các quỹ đạo cực kỳ gần với ngôi sao mẹ; trong cả hai trường hợp, sẽ không thể tồn tại một hành tinh cỡ Trái Đất nằm trong vùng sinh sống được của ngôi sao. Trong các hệ Mặt Trời này, hành tinh cỡ như Sao Mộc có thể đi ngang qua vùng sinh sống được và quăng bất kỳ hành tinh nhỏ nào cỡ như Trái Đất vào khoảng không rìa ngoài của hệ, ngăn chặn sự sống như chúng ta biết hình thành.

Các quỹ đạo rất lệch tâm phổ biến trong không gian - trên thực tế, nó phổ biến tới mức khi một hệ Mặt Trời "bình thường" được phát hiện trong không gian thì nó đã trở thành tiêu điểm của báo chí trong năm 2003. Các nhà thiên văn tại Hoa Kỳ và Australia gần như đồng thời tuyên bố đã phát hiện ra một hành tinh cỡ như sao Mộc đang quay quanh ngôi sao HD 70642. Điều bất thường là hành tinh này (kích thước gấp khoảng 2 lần sao Mộc) nằm trên một quỹ đạo tròn với tỉ lệ khoảng cách gần giống như tỉ lệ khoảng cách của sao Mộc đối với Mặt Trời của chúng ta.*

Tuy nhiên, trong tương lai các nhà thiên văn sẽ có thể lập danh lục các hệ Mặt Trời tiềm năng cho tất cả các ngôi sao gần kề chúng ta. "Chúng tôi đang khảo sát tất cả 2.000 ngôi sao gần nhất giống Mặt Trời, tất cả các ngôi sao giống Mặt Trời đều cách xa hệ tới 150 năm ánh sáng,"* Paul Butler từ Viện Carnegie ở Washington, người đã tham gia khám phá ra hành tinh ngoài hệ Mặt Trời đầu tiên vào năm 1995, phát biểu. "Mục tiêu kép của chúng tôi là thăm dò (một bản điều tra đầu tiên) các hàng xóm gần nhất của chúng ta trong không gian, và thu thập các dữ liệu đầu tiên trả lời câu hỏi nền tảng, là hệ Mặt Trời của chính chúng ta phổ biến hay khan hiếm tới mức nào," ông nói.

CÁC YẾU TỐ NGẪU NHIÊN CỦA VŨ TRỤ

Để tạo ra sự sống, hành tinh của chúng ta phải tương đối ổn định trong hàng trăm triệu năm. Nhưng tạo ra được một thế giới ổn định trong hàng trăm triệu năm là vô cùng khó khăn.

Đầu tiên, ta hãy xem xét cách các nguyên tử được tạo ra, với thực tế rằng proton nhẹ hơn notron một chút. Điều đó nghĩa là cuối cùng các notron phân rã thành các proton ở trạng thái năng lượng thấp hơn. Nếu proton chỉ nặng hơn 1% thôi thì nó sẽ phân rã thành notron, kéo theo việc tất cả các hạt nhân sẽ trở nên không ổn định và tan rã. Các nguyên tử sẽ tan rã, khiến sự sống trở nên bất khả.

Một yếu tố ngẫu nhiên khác của vũ trụ làm cho sự sống có thể nảy sinh là do proton ổn định và không phân rã thành một phản electron. Các thực nghiệm đã chỉ ra rằng thời gian tồn tại của proton vô cùng dài, dài hơn nhiều so với thời gian tồn tại của vũ trụ. Để có thể tạo ra ADN ổn định, các proton phải ổn định trong ít nhất là hàng trăm triệu năm.

Nếu lực hạt nhân mạnh yếu hơn một chút, thì các hạt nhân đoteri sẽ tan rã, và không một nguyên tố nào của vũ trụ có thể hình thành bên trong các ngôi sao thông qua quá trình tổng hợp hạt nhân được. Nếu lực hạt nhân này mạnh hơn một chút, thì các ngôi sao sẽ đốt cháy nhiên liệu hạt nhân của chúng quá nhanh, và sự sống không thể tiến hóa.

Nếu chúng ta thay đổi cường độ của lực hạt nhân yếu, thì sự sống cũng không thể tồn tại. Các hạt notrino, vốn tương tác thông qua lực hạt nhân yếu, có vai trò quan trọng trong việc mang năng lượng giải phóng từ một sao siêu mới đang nổ tung ra ngoài. Năng lượng này không thể thiếu trong quá trình tạo ra các nguyên tố xếp sau sắt. Nếu lực hạt nhân yếu yếu hơn một chút, thì các hạt notrino sẽ không thể tương tác, nghĩa là các sao siêu mới có thể không tạo ra các nguyên tố xếp sau sắt. Nếu lực hạt nhân yếu mạnh hơn một chút, thì các hạt notrino có thể sẽ không hoàn toàn thoát được khỏi lõi một ngôi sao, ngăn cản sự hình thành các nguyên tố cao hơn cấu tạo nên cơ thể và thế giới của chúng ta.

Thực tế, các nhà khoa học đã tập hợp được các danh sách dài vô số những "yếu tố ngẫu nhiên vũ trụ may mắn" như vậy. Khi đọc bản danh sách đầy ấn tượng này, ta sẽ cảm thấy sốc trước số lượng các hằng số quen thuộc của vũ trụ nằm trong phạm vi một dải rất hẹp để sự sống có thể tồn tại. Nếu chỉ một yếu tố ngẫu nhiên duy nhất trong số này bị thay đổi, các ngôi sao có thể không bao giờ hình thành, vũ trụ sẽ tan tác, ADN sẽ không tồn tại, các dạng sự sống mà chúng ta biết sẽ không thể có được, Trái Đất sẽ bị lộn ngược hoặc đóng băng v.v.

Nhà thiên văn Hugh Ross, nhằm nhấn mạnh tính khác thường của tình trạng này, đã so sánh nó với hiện tượng một máy bay Boeing 747 được lắp ráp hoàn hảo bởi một trận lốc xoáy quét qua bãi phế liệu.

NGUYÊN LÝ VỊ NHÂN

Một lần nữa, mọi luận cứ đã trình bày trên đây được quy tụ dưới nguyên lý vị nhân. Người ta có thể có vài quan điểm về cách hiểu nguyên lý gây tranh cãi này. Cô giáo lớp 2 của tôi cảm thấy rằng các trùng hợp may mắn này ngụ ý phải tồn tại một bản thiết kế hoặc một kế hoạch lớn. Như nhà vật lý Freeman Dyson đã từng nói: "Như thể vũ trụ biết chúng ta sẽ tới." Đây là một ví dụ về nguyên lý vị nhân mạnh, khi cho rằng sự tinh chỉnh của các hằng số vật lý không phải là chuyện ngẫu nhiên, mà hàm ý một bản thiết kế thuộc loại nào đó. (Nguyên lý vị nhân yếu chỉ phát biểu rằng các hằng số vật lý của vũ trụ là như vậy nên đã làm cho sự sống và ý thức có thể tồn tại.)

Nhà vật lý Don Page đã tổng kết các hình thức khác nhau của nguyên lý vị nhân được đề xuất qua nhiều năm:

> nguyên lý vị nhân yếu: "Những gì chúng ta quan sát được về vũ trụ bị giới hạn bởi điều kiện chúng ta tồn tại với tư cách là những người quan sát."
>
> nguyên lý vị nhân trung bình: "Trong ít nhất một thế giới... của vũ trụ đa thế giới, sự sống phải phát triển."
>
> nguyên lý vị nhân mạnh: "Vũ trụ phải có những tính chất để cho sự sống phát triển bên trong nó vào một lúc nào đó."
>
> nguyên lý vị nhân tột cùng: "Trí tuệ phải phát triển trong vũ trụ và sau đó không bao giờ tuyệt diệt."*

Nhà vật lý nữ Vera Kistiakowsky tại MIT đã nghiêm túc ngả theo nguyên lý vị nhân mạnh và tuyên bố rằng đó là dấu hiệu có một Chúa Trời. Bà nói: "Trật tự cực kỳ tinh tế phơi bày dưới hiểu biết khoa học của chúng ta về thế giới vật lý đòi hỏi yếu tố thần linh."* John Polkinghorne, nhà vật lý hạt đã từ bỏ vị trí của mình tại Đại học Cambridge và trở thành một tu sĩ của Giáo hội Anh cũng đồng tình với quan điểm trên. Ông viết rằng vũ trụ "không chỉ là 'bất kỳ thế giới cổ xưa nào', mà có tính đặc thù và được tinh chỉnh cho sự sống vì nó là sự Sáng thế của Đấng Tạo hóa, ngài mong muốn nó sẽ là như vậy."*Thực ra thì chính bản thân Isaac Newton, người đã đưa ra quan niệm về các quy luật bất biến chi phối các hành tinh và các ngôi sao mà không cần có sự can thiệp thần thánh, cũng tin rằng vẻ tinh tế của các quy luật này chỉ tới sự tồn tại của Chúa.

Nhưng nhà vật lý đạt giải Nobel Steven Weinberg lại không bị thuyết phục. Ông thừa nhận sự cuốn hút của nguyên lý vị nhân: "Con người gần như không thể cưỡng lại niềm tin rằng chúng ta có mối quan hệ đặc thù nào đó với vũ trụ, rằng sự sống của con người không chỉ ít nhiều là kết quả khôi hài của một chuỗi các yếu tố ngẫu nhiên, ngược tới tận ba phút đầu tiên của vũ trụ, mà vì một lý do nào đó chúng ta là một phần không thể tách rời của vũ trụ ngay từ lúc khởi thủy."* Tuy nhiên, ông kết luận rằng nguyên lý vị nhân mạnh "chả hơn vật thờ thần bí lố lăng là bao".

Những người khác cũng ít bị thuyết phục về sức mạnh của nguyên lý vị nhân. Nhà vật lý quá cố Heinz Pagels từng có thời bị ấn tượng bởi nguyên lý vị nhân nhưng dần dần mất đi hứng thú vì nó không có sức mạnh tiên đoán. Thuyết này không thể kiểm nghiệm được, mà cũng chẳng có bất kỳ cách nào để rút ra thông tin mới từ nó. Thay vì thế, nó sinh ra một dòng bất tận các ý lặp đi lặp lại rỗng tuếch - rằng chúng ta đang ở đây vì chúng ta đang ở đây.

Guth cũng bác bỏ nguyên lý vị nhân và phát biểu rằng: "Thật khó mà tin rằng ai đó sẽ sử dụng nguyên lý vị nhân nếu anh ta có được một lời giải thích tốt hơn về một điều gì đó. Chẳng hạn, tôi chưa nghe thấy một nguyên lý vị nhân về lịch sử thế giới... Nguyên lý vị nhân là thứ mà mọi người viện đến nếu họ không thể nghĩ ra điều gì đó tốt hơn."*

ĐA VŨ TRỤ

Những nhà khoa học khác, như Tôn ông Martin Rees từ Đại học Cambridge, nghĩ rằng các yếu tố ngẫu nhiên vũ trụ này là bằng chứng cho sự tồn tại của đa vũ trụ. Rees tin rằng cách duy nhất để trả lời cho thực tế ta sống trong phạm vi một dải vô cùng nhỏ của hàng trăm "trùng hợp" là công nhận sự tồn tại của hàng triệu vũ trụ song song. Trong đa vũ trụ này, phần lớn các vũ trụ là không có sự sống. Proton không ổn định. Các nguyên tử không bao giờ kết tụ. ADN không bao giờ hình thành. Vũ trụ sớm suy sụp hoặc đóng băng gần như ngay lập tức. Nhưng trong vũ trụ của chúng ta, một loạt các yếu tố ngẫu nhiên vũ trụ đã xảy ra, không nhất thiết phải là do bàn tay của Chúa mà là do luật quân bình.

Theo nghĩa nào đó, Tôn ông Martin Rees là một người cuối cùng được trông đợi sẽ thúc đẩy ý tưởng về các vũ trụ song song. Ông là nhà thiên văn hoàng gia Anh và chịu phần lớn trách nhiệm đại diện cho quan điểm chính thống về vũ trụ. Mái tóc bạch kim, vẻ ngoài đạo mạo, ăn mặc hoàn hảo, Rees có khả năng diễn thuyết lưu loát về những tuyệt tác của vũ trụ cũng như về các mối quan tâm của công chúng.

Không phải ngẫu nhiên mà ông tin rằng vũ trụ được tinh chỉnh để cho phép sự sống tồn tại. Đơn giản là có quá nhiều yếu tố ngẫu nhiên để vũ trụ của chúng ta nằm trong một dải hẹp khiến sự sống có thể tồn tại. "Sự tinh chỉnh chi phối sự tồn tại của chúng ta có thể chỉ là một trùng hợp,"* Rees viết. "Tôi đã từng nghĩ như vậy. Nhưng giờ thì quan điểm đó dường như quá hạn hẹp... Một khi chúng ta chấp nhận điều này, thì nhiều đặc điểm hiển nhiên khác nhau của vũ trụ - những thứ mà một số nhà thần học từng viện dẫn làm bằng chứng cho Thượng Đế hoặc một bản thiết kế vũ trụ - sẽ không gây ra ngạc nhiên."

Rees cố gắng củng cố lập luận của mình bằng cách định lượng một số khái niệm. Ông tuyên bố rằng vũ trụ dường như bị chi phối bằng sáu tham số, mỗi tham số đều có thể được đo đạc và tinh chỉnh. Sáu tham số này phải thỏa mãn các điều kiện thích hợp cho sự sống, nếu không chúng sẽ tạo ra các vũ trụ không có sự sống.

Thứ nhất là tham số Epsilon (ε), bằng 0,007, là lượng hyđrô tương đối chuyển hóa thành hêli thông qua hợp hạch trong vụ nổ lớn. Nếu con số này là 0,006 thay vì là 0,007 thì sẽ làm yếu lực hạt nhân, và các proton và nơtron sẽ không ràng buộc với nhau. Đơteri (với một proton và một nơtron) không thể hình thành, do đó các nguyên tố nặng sẽ không bao giờ được tạo ra trong các ngôi sao, các nguyên tử trong cơ thể chúng ta đã không thể hình thành, và toàn thể vũ trụ có thể đã tan rã thành hyđrô. Thậm chí một suy giảm nhỏ trong lực hạt nhân có thể tạo ra sự mất ổn định trong bảng tuần hoàn các nguyên tố, do đó sẽ có ít hơn các nguyên tố ổn định mà từ đó tạo sự sống.

Nếu Epsilon là 0,008 thì sự hợp hạch có thể diễn ra nhanh tới mức hyđrô sẽ không thể còn lại sau vụ nổ lớn, và ngày nay sẽ không có các ngôi sao cung cấp năng lượng cho các hành tinh. Hoặc hai proton có lẽ sẽ bị ràng buộc với nhau, cũng làm cho quá trình hợp hạch trong các ngôi sao là không thể. Rees chỉ ra rằng Fred Hoyle đã nhận ra ngay cả một sự thay đổi nhỏ bằng 4% trong lực hạt nhân có thể làm cho cacbon không thể hình thành trong các ngôi sao, khiến các nguyên tố cao hơn (và tiếp đó là sự sống) không thể tạo ra.* Theo Hoyle nếu người ta thay đổi lực hạt nhân một chút, thì berili sẽ không ổn định tới mức nó không bao giờ có thể là một "cầu nối" để tạo nên các nguyên tử cacbon.

Thứ hai là tham số N, bằng 10^{36}, bằng cường độ của lực điện chia cho cường độ của lực hấp dẫn, cho thấy lực hấp dẫn yếu tới mức nào. Nếu lực hấp dẫn thậm chí còn yếu hơn, thì các ngôi sao không thể ngưng tụ để tạo ra nhiệt độ rất lớn cần thiết cho hợp hạch. Do đó, các ngôi sao sẽ không tỏa sáng, và các hành tinh sẽ chìm ngập trong tăm tối giá lạnh.

Nhưng giả sử lực hấp dẫn mạnh hơn một chút, thì các ngôi sao sẽ bị đốt nóng quá nhanh, và chúng sẽ đốt cháy hết nhiên liệu nhanh tới mức sự sống không bao giờ có thể bắt đầu. Ngoài ra, một lực hấp dẫn mạnh hơn sẽ có nghĩa là các thiên hà sẽ hình thành sớm hơn và sẽ khá nhỏ. Các ngôi sao sẽ được dồn lại dày đặc hơn, gây ra các va chạm thảm họa giữa các ngôi sao và các hành tinh khác nhau.

Thứ ba là tham số omega (ω), mật độ tương đối của vũ trụ. Nếu omega quá nhỏ, thì vũ trụ có thể đã dãn nở và nguội đi quá nhanh. Nhưng nếu omega quá lớn, thì vũ trụ có thể đã suy sụp trước khi sự sống có thể bắt đầu. Rees viết: "Tại thời điểm một giây sau vụ nổ lớn, omega không thể khác 1 quá một phần triệu tỉ ($1/10^{15}$) để bây giờ, sau 10 tỉ năm, vũ trụ vẫn còn có thể dãn nở với một giá trị omega chắc chắn không vượt quá 1 quá xa."*

Thứ tư là tham số lambda (λ), hằng số vũ trụ, xác định gia tốc của vũ trụ. Nếu nó chỉ lớn hơn nữa vài lần, thì lực phản hấp dẫn mà nó tạo ra sẽ thổi vũ trụ tan tác, khiến vũ trụ đóng băng sâu ngay lập tức, làm cho sự sống không thể phát sinh. Nhưng nếu hằng số vũ trụ là âm, thì vũ trụ có thể sẽ co lại mãnh liệt, quá sớm khiến cho sự sống không kịp hình thành. Nói cách khác, hằng số vũ trụ, như omega, cũng phải nằm trong phạm vi một dải hẹp nhất định để làm cho sự sống có thể nảy sinh.

Thứ năm là tham số Q, biên độ của các bất thường trong nền vi sóng vũ trụ, bằng 10^{-5}. Nếu tham số này nhỏ hơn một chút, thì vũ trụ sẽ là cực kỳ đồng nhất, một khối không sự sống của khí và bụi, và sẽ không bao giờ kết tụ thành các ngôi sao và các thiên hà như ngày nay. Vũ trụ sẽ tối tăm, đồng nhất, không đặc thù và không sự sống. Nếu Q lớn hơn, thì vật chất sẽ kết tụ sớm hơn trong lịch sử vũ trụ thành các cấu trúc siêu thiên hà khổng lồ. "Các khối vật chất lớn này có thể kết tụ thành các lỗ đen khổng lồ,"* Rees nói. Các lỗ đen sẽ nặng hơn cả một quần thiên hà. Bất kể ngôi sao nào có thể hình thành trong các cụm khí khổng lồ này sẽ bị nén chặt tới mức các hệ hành tinh sẽ không thể phát sinh.

Cuối cùng là tham số D, số lượng chiều không gian. Do tâm huyết với thuyết M, các nhà vật lý đã trở lại với câu hỏi rằng sự sống có thể tồn tại trong các chiều bậc cao hơn hoặc thấp hơn hay không. Nếu không gian là một chiều, thì sự sống có lẽ không thể tồn tại vì vũ trụ quá giản đơn. Thông thường, khi các nhà vật lý cố gắng áp dụng thuyết lượng tử vào các vũ trụ một chiều, thì thấy rằng các hạt đi xuyên qua nhau mà không có tương tác. Vì vậy, các vũ trụ có thể đang tồn tại trong một chiều không thể hỗ trợ sự sống vì các hạt không thể "dính" với nhau để tạo thành các vật thể ngày càng phức tạp.

Trong hai chiều không gian, chúng ta cũng có trở ngại vì các dạng sống chắc sẽ tan rã. Hãy tưởng tượng một loài sinh vật bằng phẳng hai chiều, được gọi là những người Vùng đất phẳng, sinh sống trên một mặt bàn. Hãy tưởng tượng họ đang thử ăn. Thức ăn di chuyển kéo dài từ miệng tới hậu môn sẽ xẻ họ ra làm đôi, và cơ thể họ sẽ rời ra. Vì vậy, thật khó mà tưởng tượng nổi làm cách nào một người Vùng đất phẳng có thể tồn tại như một sinh vật phức tạp mà không bị phân rã hoặc chia thành các mảnh tách biệt.

Một luận cứ sinh học khác chỉ ra rằng trí tuệ không thể tồn tại trong ít hơn ba chiều. Bộ não của chúng ta bao gồm hàng tỉ các tế bào thần kinh chồng lấn được kết nối bằng một mạng điện rộng lớn. Nếu vũ trụ là một hoặc hai chiều, thì sẽ khó xây dựng các mạng lưới thần kinh phức tạp, đặc biệt là nếu chúng đoản mạch do đặt chồng lên nhau. Trong các chiều thấp hơn, số lượng các mạch logic phức tạp và các tế bào thần kinh trong một diện tích nhỏ sẽ bị giới hạn. Chẳng hạn, bộ não của bản thân chúng ta bao gồm khoảng 100 tỉ tế bào thần kinh, cũng nhiều xấp xỉ số lượng sao trong Ngân Hà, với mỗi tế bào thần kinh nối với khoảng 10.000 tế bào thần kinh khác. Độ phức tạp như vậy sẽ khó lặp lại trong các chiều thấp hơn.

Trong bốn chiều không gian, một vấn đề khác nảy sinh: các hành tinh không ổn định trên quỹ đạo xung quanh Mặt Trời. Định luật bình phương nghịch đảo của Newton sẽ được thay thế bằng một định luật lập phương nghịch đảo, và vào năm 1917, Paul Ehrenfest, một đồng nghiệp thân thiết của Einstein, đã suy đoán vật lý ở các chiều khác có thể giống như cái gì. Ông đã phân tích phương trình Poisson-Laplace (chi phối chuyển động của các hành tinh cũng như các điện tích trong các nguyên tử) và thấy rằng các quỹ đạo không hề ổn định trong bốn chiều không gian hoặc cao hơn. Vì các electron trong nguyên tử cũng như các hành tinh trải qua các va chạm ngẫu nhiên, nên các nguyên tử và các hệ Mặt Trời có lẽ không thể tồn tại trong các chiều cao hơn. Nói cách khác, ba chiều là đặc thù.

Đối với Rees, nguyên lý vị nhân là một trong những luận cứ thuyết phục nhất cho đa vũ trụ. Nếu sự tồn tại của các vùng sinh sống được đối với Trái Đất ngụ ý có các hành tinh ngoài hệ Mặt Trời, thì tương tự sự tồn tại của các vùng sinh sống được đối với vũ trụ ngụ ý có các vũ trụ song song. Rees bình luận, "Nếu có một tủ đầy quần áo, bạn sẽ không ngạc nhiên khi tìm thấy một bộ phù hợp. Nếu có nhiều vũ trụ, mỗi vũ trụ được chi phối bởi một tập hợp các tham số khác nhau, sẽ có một nơi tồn tại tập hợp tham số đặc trưng phù hợp cho sự sống. Chúng ta đang ở trong vũ trụ đó."* Nói cách khác, vũ trụ của chúng ta tồn tại là vì luật quân bình trên nhiều vũ trụ trong một đa vũ trụ, chứ không phải do một bản thiết kế lớn.

Weinberg dường như đồng ý về điểm này. Trên thực tế, Weinberg thấy ý tưởng về một đa vũ trụ hợp lý về mặt tri thức. Ông không bao giờ thích ý tưởng thời gian đột nhiên tồn tại từ thời điểm vụ nổ lớn, và thời gian không thể tồn tại trước đó. Trong một đa vũ trụ, chúng ta mãi mãi luôn có sự tạo ra vũ trụ .

Có một lý do lạ thường khác giải thích tại sao Rees thích ý tưởng đa vũ trụ. Ông thấy rằng vũ trụ có chứa một lượng nhỏ "sự xấu xí". Chẳng hạn, quỹ đạo của Trái Đất là hơi elip. Nếu nó là hình cầu hoàn hảo, thì người ta có thể biện luận, như các nhà thần học đã làm, rằng nó là một sản phẩm phụ của sự can thiệp thánh thần. Nhưng không phải thế, nó chỉ ra một lượng ngẫu nhiên nào đó trong phạm vi khá hẹp của dải sinh sống được. Tương tự, hằng số vũ trụ không hoàn toàn bằng không mà rất nhỏ, chỉ ra rằng vũ trụ của chúng ta "không đặc thù hơn những gì mà sự hiện diện của chúng ta đòi hỏi". Điều này hoàn toàn nhất quán với việc vũ trụ của chúng ta tình cờ được sinh ra bởi sự ngẫu nhiên.

TIẾN HÓA CỦA VŨ TRỤ

Là một nhà thiên văn hơn là một nhà triết học, Rees nói rằng điểm mấu chốt là tất cả các thuyết này phải được kiểm chứng. Thực ra, chính vì điều này mà ông ủng hộ ý tưởng đa vũ trụ hơn các thuyết thần bí khác. Ông tin rằng thuyết đa vũ trụ có thể được kiểm chứng trong vòng hai mươi năm tới.

Ngày nay, một biến thể của ý tưởng đa vũ trụ thực sự có thể kiểm nghiệm. Nhà vật lý Lee Smolin thậm chí còn đi xa hơn Rees và giả định rằng vũ trụ đã trải qua "sự tiến hóa", tương tự như sự tiến hóa Darwin, để cuối cùng dẫn tới vũ trụ như của chúng ta. Chẳng hạn, trong thuyết lạm phát hỗn độn, các hằng số vật lý của các vũ trụ "con" hơi khác với của vũ trụ mẹ. Nếu vũ trụ có thể nảy chồi từ các lỗ đen, như một vài nhà vật lý học vẫn tin, thì các vũ trụ thống trị đa vũ trụ là những vũ trụ có nhiều lỗ đen nhất. Điều này có nghĩa là, giống như động vật, các vũ trụ sinh ra nhiều "con" nhất cuối cùng chiếm ưu thế để lan truyền "thông tin di truyền" của chúng - các hằng số vật lý của tự nhiên. Nếu điều đó là đúng thì vũ trụ của chúng ta có thể đã có một lượng vô hạn các vũ trụ tổ tiên trong quá khứ, và vũ trụ của chúng ta là một sản phẩm của hàng nghìn tỉ năm chọn lọc tự nhiên. Nói cách khác, vũ trụ của chúng ta là con cháu của những vũ trụ thích hợp nhất còn sống sót, có nghĩa là nó là con của các vũ trụ có số lượng các lỗ đen nhiều nhất.

Mặc dù tiến hóa Darwin trong các vũ trụ là một ý tưởng kỳ lạ và mới mẻ, nhưng Smolin tin rằng nó có thể được kiểm tra đơn giản bằng cách đếm số lượng lỗ đen. Vũ trụ của chúng ta phải lý tưởng nhất cho việc tạo ra các lỗ đen. (Tuy nhiên, người ta vẫn phải chứng minh rằng các vũ trụ với nhiều lỗ đen nhất là những vũ trụ thuận lợi cho sự sống, giống như vũ trụ của chúng ta.)

Vì ý tưởng này có thể kiểm chứng, nên có thể xem xét các phản ví dụ. Chẳng hạn, có lẽ có thể chỉ ra, bằng cách điều chỉnh theo giả thuyết các thông số vật lý của vũ trụ, rằng các lỗ đen được sản xuất dễ dàng nhất trong các vũ trụ không có sự sống. Người ta có thể chỉ ra rằng một vũ trụ với một lực hạt nhân mạnh hơn nhiều có các ngôi sao cháy hết cực nhanh, tạo ra lượng lớn các sao siêu mới mà sau đó suy sụp thành các lỗ đen. Trong một vũ trụ như vậy, lực hạt nhân có giá trị lớn hơn nghĩa là cuộc đời của các ngôi sao ngắn hơn, vì thế sự sống không kịp bắt đầu. Nhưng vũ trụ này cũng có thể có nhiều lỗ đen hơn, do đó bác bỏ ý tưởng của Smolin. Ưu điểm của ý tưởng này là nó có thể được kiểm tra, tái tạo, hoặc chứng minh là sai (dấu hiệu tiêu chuẩn của bất kỳ thuyết khoa học thực sự nào). Thời gian sẽ cho biết nó có đứng vững hay không.

Mặc dù bất kỳ thuyết nào liên quan tới các lỗ giun, các siêu dây và các chiều bậc cao hơn đều vượt quá khả năng thực nghiệm hiện tại của chúng ta, nhưng các thử nghiệm mới đang được tiến hành hoặc đang được lên kế hoạch có thể xác định được tính đúng đắn của chúng. Chúng ta đang ở giữa một cuộc cách mạng khoa học thực nghiệm, với toàn bộ năng lực của các vệ tinh, các kính viễn vọng không gian, các thiết bị dò sóng hấp dẫn, và các tia laser đang được sử dụng để trả lời các câu hỏi này. Kết quả phong phú từ các thực nghiệm này có thể trả lời gãy gọn một số câu hỏi bí ẩn nhất trong vũ trụ học.

CHƯƠNG CHÍN

TÌM KIẾM TIẾNG DỘI TỪ CHIỀU THỨ MƯỜI MỘT

> Những khẳng định đặc biệt đòi hỏi những bằng chứng đặc biệt.
>
> \- Carl Sagan

Các vũ trụ song song, các cửa ngõ đa chiều và các chiều bậc cao hơn, dù ngoạn mục đến đâu, vẫn cần phải có bằng chứng thuyết phục chứng tỏ sự tồn tại của chúng. Như nhà thiên văn Ken Croswell nhận xét: "Các vũ trụ khác có thể làm bạn say sưa quá đà: bạn có thể nói bất cứ điều gì mình muốn về chúng mà không bao giờ bị chứng minh là sai, chừng nào các nhà thiên văn còn chưa bao giờ nhìn thấy chúng."* Trước đây, việc kiểm tra nhiều dự đoán trong số này dường như là không thể vì các thiết bị thử nghiệm thô sơ của chúng ta. Tuy nhiên, các tiến bộ trong công nghệ máy tính, laser và vệ tinh gần đây đã gần như xác minh bằng thực nghiệm nhiều thuyết trong số này.

Xác minh trực tiếp các ý tưởng này phải nói là cực kỳ khó khăn, nhưng xác minh gián tiếp lại có thể nằm trong khả năng của chúng ta. Chúng ta đôi khi quên rằng phần lớn khoa học thiên văn được thực hiện gián tiếp. Chẳng hạn, chưa một ai từng tới Mặt Trời hay các ngôi sao, song chúng ta vẫn biết được cấu tạo vật chất của những ngôi sao bằng cách phân tích ánh sáng mà các thiên thể rực sáng này phát ra. Bằng cách phân tích quang phổ trong ánh sáng sao, chúng ta gián tiếp biết các ngôi sao được cấu thành chủ yếu từ hyđrô và một phần nhỏ hêli. Tương tự, chưa người nào từng nhìn thấy một lỗ đen, và thực tế thì các lỗ đen hoàn toàn vô hình, không thể quan sát trực tiếp. Tuy nhiên, chúng ta tìm thấy chứng cứ gián tiếp về sự tồn tại của chúng bằng cách tìm kiếm các đĩa bồi tích và tính toán khối lượng của những ngôi sao chết này.

Trong tất cả các thực nghiệm trên, chúng ta tìm kiếm những "tiếng dội" từ các ngôi sao và các lỗ đen để xác định bản chất của chúng. Tương tự, chiều thứ mười một có thể nằm ngoài tầm với trực tiếp của chúng ta, nhưng có nhiều cách xác nhận thuyết lạm phát và thuyết siêu dây, nhờ các thiết bị tân tiến chúng ta có hiện nay.

GPS VÀ THUYẾT TƯƠNG ĐỐI

Ví dụ đơn giản nhất về cách mà các vệ tinh đã cách mạng hóa nghiên cứu thuyết tương đối là hệ thống định vị toàn cầu (GPS), trong đó 24 vệ tinh quay không ngừng trên các quỹ đạo quanh Trái Đất, phát ra các xung được đồng bộ hóa chính xác cho phép dùng phương pháp tam giác đạc để xác định vị trí của một người nào đó trên mặt đất với độ chuẩn xác tuyệt vời. GPS đã trở thành phương cách thiết yếu trong hoa tiêu dẫn đường, trong thương mại cũng như quân sự. Mọi thứ từ bản đồ số trong các xe ô tô cho tới các tên lửa hành trình đều phụ thuộc vào khả năng đồng bộ hóa các tín hiệu với tốc độ 50 phần triệu của giây để định vị một vật thể trên Trái Đất trong vòng 15 yard (gần 14 m).* Nhưng để đảm bảo độ chuẩn xác đáng kinh ngạc như vậy, các nhà khoa học phải tính đến các hiệu chỉnh nhỏ cho các định luật Newton theo thuyết tương đối, trong đó nêu rằng tần số sóng vô tuyến sẽ dịch chuyển một chút khi các vệ tinh bay trong vũ trụ.* Quả thật, nếu chúng ta ngốc nghếch loại bỏ các hiệu chỉnh này, thì đồng hồ GPS sẽ chạy nhanh hơn mỗi ngày chừng 40 phần triệu giây (40 micrô giây), và toàn bộ hệ thống sẽ không còn chính xác nữa. Như vậy, thuyết tương đối vô cùng thiết yếu cho hoạt động thương mại và quân sự. Nhà vật lý Clifford Will, người từng chỉ dẫn cho một vị tướng của Không lực Hoa Kỳ về các hiệu chỉnh thiết yếu đối với GPS vì thuyết tương đối của Einstein, đã bình luận rằng ông biết thuyết tương đối đã trưởng thành khi mà thậm chí các sĩ quan cao cấp của Lầu Năm Góc cũng phải được chỉ dẫn về nó.

CÁC THIẾT BỊ DÒ SÓNG HẤP DẪN

Cho đến nay, hầu như mọi thứ chúng ta biết về thiên văn học đều thông qua bức xạ điện từ, cho dù đó là ánh sáng sao hay sóng vô tuyến hoặc các tín hiệu vi sóng từ không gian sâu thẳm. Hiện tại, các nhà khoa học đang giới thiệu một phương tiện truyền hoàn toàn mới cho các khám phá khoa học, đó chính là hấp dẫn. "Mỗi khi chúng ta ngước nhìn bầu trời theo một cách mới, chúng ta sẽ thấy một vũ trụ mới,"* Gary Sanders từ Cal Tech kiêm Phó giám đốc dự án sóng hấp dẫn phát biểu.

Chính Einstein, vào năm 1916, là người đầu tiên đề xuất sự tồn tại của các sóng hấp dẫn. Hãy xem xét điều gì sẽ xảy ra nếu Mặt Trời biến mất. Bạn còn nhớ ví dụ một quả bóng bowling lún vào tấm đệm chứ? Hay tốt hơn là một giàn nhún nhỉ? Nếu quả bóng đột nhiên bị lấy đi, giàn nhún sẽ ngay lập tức bật ngược trở lại vị trí ban đầu, tạo ra các sóng xung kích khẽ lan truyền ra phía ngoài dọc theo giàn nhún. Nếu quả bóng bowling được thay thế bằng Mặt Trời, thì chúng ta thấy rằng các sóng xung kích của hấp dẫn di chuyển theo một tốc độ cụ thể, là tốc độ ánh sáng.

Mặc dù sau đó Einstein đã tìm thấy một lời giải chính xác cho các phương trình của mình với sự có mặt của các sóng hấp dẫn, nhưng ông đã mất hết hy vọng trong đời được thấy dự đoán của mình được xác nhận. Các sóng hấp dẫn rất yếu. Ngay cả các sóng xung kích của các ngôi sao đang va chạm cũng không đủ mạnh để có thể đo đạc bằng các thực nghiệm hiện tại.

Hiện nay, các sóng hấp dẫn chỉ được phát hiện một cách gián tiếp. Hai nhà vật lý Russell Hulse và Joseph Taylor Jr. đã phỏng đoán rằng nếu phân tích các sao notron đôi đang xoay tròn và rượt đuổi nhau trong không gian, thì mỗi ngôi sao sẽ phát ra một luồng sóng hấp dẫn khi quỹ đạo của chúng từ từ suy sụp, tương tự như các vệt lằn được tạo ra khi ta khuấy mật đường. Họ đã phân tích đường xoắn ốc chết chóc của hai ngôi sao notron khi chúng từ từ quay xoắn lại với nhau. Đối tượng khảo sát của họ là sao notron đôi PSR 1913+16, nằm cách Trái Đất khoảng 16.000 năm ánh sáng, quay quanh nhau với chu kỳ 7 giờ 45 phút, và phát xạ các sóng hấp dẫn vào khoảng không vũ trụ.

Sử dụng thuyết của Einstein, họ thấy rằng hai ngôi sao sẽ nhích lại gần nhau 1 milimét sau mỗi vòng quay. Mặc dù đây là một khoảng cách vô cùng nhỏ, nhưng sau một năm nó tăng lên 1 yard (0,91 m), khi quỹ đạo 435.000 dặm (700 km) từ từ thu nhỏ lại. Công trình tiên phong của họ đã chỉ ra rằng quỹ đạo hai ngôi sao suy sụp chính xác như thuyết của Einstein đã dự đoán trên cơ sở của sóng hấp dẫn. (Trên thực tế, các phương trình Einstein dự đoán rằng các ngôi sao cuối cùng sẽ lao vào nhau trong vòng 240 triệu năm, do mất đi năng lượng đã bức xạ vào không gian dưới dạng các sóng hấp dẫn.) Với công trình này, họ đã giành giải Nobel vật lý vào năm 1993.*

Chúng ta cũng có thể sử dụng lại thực nghiệm chính xác này để đo đạc độ chuẩn xác của bản thân thuyết tương đối rộng. Khi các tính toán ngược được thực hiện, chúng ta thấy rằng thuyết tương đối rộng ít nhất chuẩn xác tới 99,7%.

THIẾT BỊ DÒ SÓNG HẤP DẪN LIGO

Nhưng để rút ra thông tin hữu dụng về vũ trụ ban đầu, người ta phải quan sát các sóng hấp dẫn trực tiếp, chứ không phải gián tiếp. Năm 2003, thiết bị dò sóng hấp dẫn đầu tiên LIGO (viết tắt của Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, tức là Đài quan sát sóng hấp dẫn giao thoa kế laser) cuối cùng đã đi vào hoạt động, hiện thực hóa giấc mơ mấy thập niên là dò tìm các bí ẩn của vũ trụ thông qua sóng hấp dẫn. Mục tiêu của LIGO là phát hiện các sự kiện vũ trụ quá xa hoặc quá nhỏ không thể quan sát bằng các kính thiên văn trên Trái Đất, chẳng hạn như là các lỗ đen hoặc các sao nơtron đang va chạm.

LIGO bao gồm hai cơ sở trang bị thiết bị laser khổng lồ, một ở Hanford, bang Washington, và một ở giáo khu Livingston, bang Louisiana (Hoa Kỳ). Mỗi máy dò có hai ống, mỗi ống dài 2,5 dặm (khoảng 4 km), ghép thành một ống chữ L khổng lồ. Trong mỗi ống một chùm tia laser được bắn ra. Tại điểm nối của chữ L, hai chùm laser va chạm nhau, và sóng của chúng giao thoa với nhau. Thông thường, nếu không có các nhiễu loạn, thì hai sóng được đồng bộ hóa khiến cho chúng triệt tiêu lẫn nhau. Nhưng khi sóng hấp dẫn nhỏ nhất phát ra từ các lỗ đen hoặc các sao notron đang va chạm đập vào thiết bị này, nó làm cho một ống co giãn khác với ống kia. Nhiễu loạn này đủ để phá vỡ trạng thái cân bằng mong manh của hai chùm tia laser. Kết quả là hai chùm tia, thay vì triệt tiêu lẫn nhau, lại tạo ra một mẫu giao thoa đặc trưng tương tự như sóng có thể được máy tính phân tích chi tiết. Sóng hấp dẫn càng lớn thì sự không tương hợp giữa hai chùm tia laser lại càng lớn hơn, và mẫu giao thoa lại càng lớn hơn.

LIGO là một kỳ tích kỹ thuật. Vì các phân tử không khí có thể hấp thụ ánh sáng laser, nên ống chứa ánh sáng phải được tạo chân không tới một phần nghìn tỉ áp suất không khí. Mỗi thiết bị dò chiếm 300.000 foot khối (8.500 mét khối), có nghĩa là LIGO có chân không nhân tạo lớn nhất thế giới. Điều làm cho LIGO có độ nhạy như vậy, một phần là thiết kế của các gương, được kiểm soát bằng 6 nam châm nhỏ, mỗi cái có kích thước cỡ con kiến. Các tấm gương được mài nhẵn tới độ chuẩn xác một phần 30 tỉ inch (13,1 phần nghìn tỉ cm). "Hãy tưởng tượng rằng trái đất cũng phẳng nhẵn như vậy. Khi đó, ngọn núi trung bình sẽ không cao quá một inch (2,54 cm),"* người giám sát các gương GariLynn Billingsley nói. Chúng tinh vi tới mức có sai số không quá một phần triệu mét (10^{-4} cm), làm cho các gương của LIGO có lẽ là nhạy nhất trên thế giới. "Hầu hết các kỹ sư đều kinh ngạc khi họ nghe nói tới những gì chúng tôi đang cố gắng làm",* nhà khoa học thuộc dự án LIGO Michael Zucker nói.

Vì LIGO được cân bằng rất tinh tế, nên đôi khi nó gặp phiền toái bởi các rung động rất nhỏ không mong muốn. Chẳng hạn, thiết bị dò tại Louisiana không thể hoạt động vào ban ngày vì những người đốn gỗ đang cưa hạ cây cách đó gần 500 m. (LIGO nhạy tới mức cho dù việc đốn hạ cây diễn ra cách đó khoảng 1 dặm (1,6 km), nó vẫn không thể hoạt động vào ban ngày.) Thậm chí cả vào ban đêm, các rung động do xe lửa chạy ngang qua vào lúc nửa đêm và 6 giờ sáng cũng giới hạn thời gian LIGO có thể hoạt động.

Ngay cả những rung động mờ nhạt đến từ các con sóng biển xô vào bờ cách xa vài dặm cũng có thể ảnh hưởng đến kết quả đo đạc. Sóng biển trên các bãi biển Bắc Mỹ trung bình vỗ vào bờ sau mỗi sáu giây, tạo ra một tiếng rì rào rất khẽ nhưng thực tế các thiết bị laser vẫn có thể thu được. Tiếng ồn có tần số thấp tới mức có thể xuyên thẳng qua Trái Đất. "Nó giống như tiếng sấm rền vậy," Zucker bình luận về tiếng ồn thủy triều này. "Mùa bão ở bang Louisiana thì thật đau đầu khủng khiếp."* Thủy triều do lực hấp dẫn của Mặt Trăng và Mặt Trời tác động lên Trái Đất tạo ra cũng ảnh hưởng tới LIGO, gây ra một nhiễu loạn cỡ một phần triệu inch (một phần triệu xentimét).

Nhằm loại bỏ các nhiễu loạn cực kỳ nhỏ này, các kỹ sư của LIGO đã phải tốn bao công sức để cách ly phần lớn thiết bị này. Mỗi hệ thống laser đặt trên đỉnh của bốn bục bằng thép không gỉ đồ sộ xếp chồng lên nhau, mỗi cấp lại được phân cách bằng các lò xo để dập tắt bất kỳ rung động nào. Mỗi thiết bị quang học nhạy này đều có hệ thống cách ly địa chấn riêng; sàn nhà là một tấm bê tông dày 30 inch (76 cm) không nối vào các bờ tường.*

LIGO trên thực tế là một phần của một công-xoóc-xi-om (consortium) quốc tế, bao gồm thiết bị dò VIRGO của liên doanh Ý-Pháp ở Pisa, Ý; một thiết bị dò TAMA của Nhật Bản ở ngoại ô Tokyo và một thiết bị dò GEO600 của liên doanh Anh-Đức ở Hanover, Đức. Cả thảy, tổng chi phí xây dựng LIGO sẽ là 292 triệu đô la Mỹ (cộng thêm 80 triệu chi phí vận hành và nâng cấp), khiến nó trở thành dự án tốn kém nhất từ trước tới nay được Quỹ khoa học quốc gia Hoa Kỳ (National Science Foundation) tài trợ.*

Nhưng ngay cả với độ nhạy này, nhiều nhà khoa học thừa nhận rằng LIGO có thể vẫn không đủ nhạy để phát hiện các sự kiện thực sự kỳ thú trong quãng đời của nó. Phiên bản nâng cấp tiếp theo của thiết bị này, LIGO II, theo kế hoạch sẽ diễn ra vào năm 2007 nếu được cấp kinh phí. Nếu LIGO không phát hiện được các sóng hấp dẫn, thì chắc là LIGO II sẽ làm được(1). Kenneth Libbrecht tuyên bố rằng LIGO II sẽ cải thiện độ nhạy của thiết bị gấp 1.000 lần: "Từ chỗ phát hiện ra một sự kiện sau mỗi 10 năm một cách vất vả, LIGO II sẽ dễ dàng phát hiện ra một sự kiện sau mỗi ba ngày."*

---

(1). Trên thực tế LIGO đã tiến hành quan sát cho đến cuối năm 2010, rồi được tháo dỡ chờ thay thế bằng một "LIGO tiên tiến".

Để LIGO phát hiện ra sự va chạm của hai lỗ đen (trong khoảng cách 300 triệu năm ánh sáng), một nhà khoa học có thể phải chờ đợi quãng từ 1 năm tới 1.000 năm. Nhiều nhà thiên văn có thể sẽ cân nhắc việc theo đuổi khám phá một sự kiện như vậy với LIGO nếu cháu chắt chút chít của họ mới là những người chứng kiến sự kiện này. Nhưng như nhà khoa học Peter Saulson đã nói: "Con người thích thú giải quyết các thách thức kỹ thuật này giống như cách công nhân miệt mài xây dựng nhà thờ thời Trung cổ dù biết rằng họ có thể không nhìn thấy nhà thờ được hoàn thành. Nhưng nếu không có cơ hội nghìn vàng để thấy sóng hấp dẫn trong sự nghiệp của mình, tôi đã không đi vào lĩnh vực này. Đó không phải chỉ là cơn sốt giải Nobel... Mức độ chính xác chúng tôi đang phấn đấu chính là thước đo công việc của chúng tôi; nếu bạn làm điều này, bạn mới có 'tay nghề'." LIGO II sẽ mở ra cho chúng ta nhiều cơ hội tìm thấy một sự kiện thật sự thú vị trong cuộc đời.* LIGO II có thể phát hiện các lỗ đen đang va chạm trong khoảng cách lớn hơn rất nhiều (6 tỉ năm ánh sáng) với tốc độ mười va chạm mỗi ngày tới mười va chạm mỗi năm.

Tuy nhiên, ngay cả LIGO II sẽ không đủ mạnh để phát hiện các sóng hấp dẫn phát ra từ thời khắc Sáng thế. Vì điều đó, chúng ta phải chờ thêm mười lăm tới hai mươi năm nữa để có LISA.

THIẾT BỊ DÒ SÓNG HẤP DẪN LISA

LISA (viết tắt từ tiếng Anh Laser Interferometer Space Antenna nghĩa là Ăng ten không gian giao thoa kế laser) đại diện cho thế hệ tiếp theo trong các thiết bị dò sóng hấp dẫn. Không giống như LIGO, nó sẽ được đặt ngoài không gian vũ trụ. Khoảng năm 2010, NASA và Cơ quan Vũ trụ châu Âu lên kế hoạch phóng ba vệ tinh vào không gian; chúng sẽ bay trên quỹ đạo xung quanh Mặt Trời ở khoảng 30 triệu dặm (khoảng 49 triệu kilômét) từ Trái Đất. Ba thiết bị laser này sẽ tạo thành một tam giác đều trong không gian (5 triệu kilômét mỗi cạnh).

Mỗi vệ tinh sẽ có hai laser cho phép nó tiếp xúc liên tục với hai vệ tinh kia. Mặc dù mỗi laser sẽ bắn một chùm tia với công suất chỉ một oát, nhưng các thiết bị quang học này vô cùng nhạy bén tới mức chúng sẽ có thể phát hiện các rung động đến từ các sóng hấp dẫn với độ chuẩn xác một phần nghìn tỉ tỉ (tương ứng với sự dịch chuyển là 1% chiều rộng của một nguyên tử riêng lẻ). LISA sẽ có thể phát hiện các sóng hấp dẫn từ khoảng cách 9 tỉ năm ánh sáng, cắt ngang qua hầu hết phần vũ trụ có thể nhìn thấy được.

LISA chuẩn xác tới mức nó có thể phát hiện các sóng xung kích ban đầu từ bản thân vụ nổ lớn. Hơn thế, điều này sẽ giúp chúng ta nhìn nhận thời khắc Sáng thế chuẩn xác nhất. Nếu mọi thứ diễn ra theo đúng kế hoạch, LISA sẽ có thể nhìn tới phạm vi một phần nghìn tỉ giây đầu tiên sau vụ nổ lớn, làm cho nó trở thành công cụ vũ trụ có lẽ là mạnh nhất.* Người ta tin rằng LISA có thể có khả năng tìm thấy các dữ liệu thực nghiệm đầu tiên về bản chất chính xác của thuyết trường thống nhất, thuyết vạn vật.

LISA (hoặc những hậu duệ của nó) có thể cung cấp "bằng chứng nhãn tiền" cho thuyết lạm phát. Cho đến nay, lạm phát phù hợp với tất cả các dữ liệu vũ trụ học (độ phẳng, các thăng giáng trong nền vũ trụ, v.v.) Nhưng điều đó không có nghĩa là thuyết này đúng. Để xác nhận thuyết này, các nhà khoa học muốn kiểm tra được các sóng hấp dẫn được chính quá trình lạm phát phát ra. "Dấu vết" của các sóng hấp dẫn được tạo ra tại thời khắc của vụ nổ lớn sẽ cho biết sự khác biệt giữa lạm phát và bất kỳ thuyết cạnh tranh nào. Một số người, như Kip Thorne từ Cal Tech, tin rằng LISA (hoặc những hậu duệ của nó) có thể có khả năng xác nhận một phiên bản nào đó của thuyết dây có đúng hay không. Như tôi đã giải thích trong chương bảy, thuyết vũ trụ lạm phát dự báo rằng các sóng hấp dẫn xuất hiện từ vụ nổ lớn phải khá mãnh liệt, tương ứng với sự dãn nở nhanh theo cấp số mũ của vũ trụ ban đầu, trong khi mô hình đại hỏa tai dự báo một sự dãn nở nhẹ nhàng hơn nhiều, kèm theo các sóng hấp dẫn phẳng lặng hơn nhiều. LISA sẽ có thể loại bỏ các thuyết cạnh tranh khác nhau của vụ nổ lớn và tạo ra một thử nghiệm quyết định của thuyết dây.

CÁC THẤU KÍNH VÀ VÀNH EINSTEIN

Còn công cụ hiệu quả khác trong việc thám hiểm vũ trụ là sử dụng các thấu kính hấp dẫn và các "vành Einstein". Từ năm 1801, nhà thiên văn Johan Georg von Soldner ở Berlin đã tính toán được độ lệch của ánh sáng sao do lực hấp dẫn của Mặt Trời gây ra (mặc dù, vì Soldner đã sử dụng các đối số hoàn toàn theo thuyết Newton, ông đã tính hệ số then chốt thấp hơn 2 lần[1]. Einstein đã viết: "Một nửa độ lệch này là do trường hấp dẫn của Mặt Trời theo thuyết Newton tạo ra, nửa kia là do sự biến dạng hình học ['độ cong'] của không gian do Mặt Trời gây ra."*)

Năm 1912, trước khi hoàn thành phiên bản cuối cùng của thuyết tương đối rộng, Einstein đã dự tính khả năng sử dụng độ lệch này như một "thấu kính", giống như cách mà chiếc kính đeo mắt uốn cong (khúc xạ) ánh sáng trước khi nó tới mắt bạn. Năm 1936, kỹ sư người Séc Rudi Mandl đã viết thư hỏi Einstein rằng liệu một thấu kính hấp dẫn có thể phóng đại ánh sáng từ một ngôi sao cận kề hay không. Câu trả lời là có, nhưng công nghệ lúc ấy lại chưa thể phát hiện điều này.

Cụ thể, Einstein đã nhận ra rằng ta sẽ thấy ảo giác quang học, chẳng hạn như các hình ảnh kép của cùng một vật thể, hay sự biến dạng kiểu vành khuyên của ánh sáng. Chẳng hạn, ánh sáng từ một thiên hà rất xa đi ngang qua gần Mặt Trời của chúng ta sẽ dịch chuyển cả về bên trái lẫn bên phải của Mặt Trời rồi hội tụ và tới mắt chúng ta. Khi chúng ta chiêm ngưỡng một thiên hà xa xăm, chúng ta thấy một mẫu hình giống như vành khuyên, một ảo ảnh quang học gây ra bởi thuyết tương đối rộng. Einstein đã kết luận rằng: "Không có nhiều hy vọng quan sát được trực tiếp hiện tượng này."* Thực tế thì, ông cho biết việc này "ít có giá trị, nhưng nó làm cho anh chàng tội nghiệp [Mandl] hạnh phúc."

Hơn 40 năm sau, vào năm 1979, một phần chứng cứ đầu tiên của hiện tượng thấu kính đã được Dennis Walsh từ Đài quan sát Jodrell Bank tại Anh tìm thấy.* Ông cũng là người đã khám phá ra chuẩn tinh kép Q0957+561. Năm 1988, vành Einstein đầu tiên được quan sát từ nguồn sóng vô tuyến MG1131+0456. Năm 1997, kính thiên văn không gian Hubble và dãy kính thiên văn vô tuyến MERLIN của Vương quốc Anh đã bắt được vành Einstein hoàn hảo đầu tiên nhờ phân tích thiên hà xa xôi 1938+666, thuyết của Einstein một lần nữa lại được chứng nhận. (Vành này rất nhỏ, chỉ cỡ một giây cung, hoặc đại để bằng kích thước một đồng tiền xu nhìn từ xa 2 dặm [3,2 km].) Các nhà thiên văn học đã miêu tả sự phấn khởi của mình khi chứng kiến sự kiện lịch sử này: "Thoạt nhìn, nó có vẻ giả tạo và chúng tôi đã nghĩ rằng đó là một loại khuyết tật nào đó trong hình ảnh, nhưng sau đó chúng tôi nhận ra mình đang nhìn vào một vành Einstein hoàn hảo!" Ian Brown từ Đại học Manchester nói. Ngày nay, các vành Einstein là một vũ khí thiết yếu trong kho vũ khí của các nhà vật lý thiên văn.* Khoảng 64 chuẩn tinh đôi, chùm ba, và chùm bội (các ảo ảnh gây ra bởi thấu kính Einstein) đã được nhìn thấy trong khoảng không vũ trụ, bằng khoảng 1/500 chuẩn tinh đã được quan sát.

---

[1] Soldner tính ra độ lệch 0,84 giây cung, trong khi Einstein sau này đưa ra kết quả 1,74 giây cung.

Ngay cả các dạng vật chất vô hình, như vật chất tối, cũng có thể "thấy" được nhờ phân tích sự biến dạng của các sóng ánh sáng mà chúng tạo ra. Theo cách này, người ta có thể thu được các "bản đồ" phân bố của vật chất tối trong vũ trụ. Vì hiện tượng thấu kính Einstein làm biến dạng hình ảnh các quần thiên hà bằng cách tạo ra các cung lớn (chứ không phải là các vành), nên có thể ước tính sự tập trung của vật chất tối trong các cụm này. Năm 1986, các cung thiên hà khổng lồ đầu tiên đã được các nhà thiên văn ở Đài quan sát thiên văn quang học quốc gia, Đại học Stanford, và Đài quan sát Midi-Pyrenees tại Pháp phát hiện. Kể từ đó, khoảng một trăm cung thiên hà đã được phát hiện, ấn tượng nhất là trong quần thiên hà Abell 2218.*

Các thấu kính Einstein cũng có thể được sử dụng như một phương pháp độc lập để đo đạc lượng MACHO trong vũ trụ (bao gồm vật chất thông thường như các sao chết, các sao lùn nâu và các đám mây bụi). Năm 1986, Bohdan Paczynski từ Princeton đã nhận ra rằng nếu các MACHO vượt qua phía trước một ngôi sao, chúng sẽ phóng đại độ sáng của nó và tạo ra một hình ảnh thứ hai.

Đầu thập niên 1990, một vài nhóm các nhà khoa học (như EROS của Pháp, MACHO của Hoa Kỳ-Australia, và OGLE của Ba Lan-Hoa Kỳ) đã áp dụng phương pháp này với trung tâm của Ngân Hà và tìm thấy trên 500 hiện tượng vi thấu kính (nhiều hơn dự kiến, vì một phần vật chất này bao gồm các ngôi sao khối lượng thấp, chứ không phải MACHO thật sự). Phương pháp này cũng có thể được sử dụng để tìm kiếm các hành tinh ngoài hệ Mặt Trời đang quay quanh các ngôi sao khác. Vì một hành tinh sẽ gây ra một tác động hấp dẫn nhỏ nhưng dễ nhận thấy lên ánh sáng của ngôi sao mẹ, nên về nguyên tắc quá trình thấu kính Einstein có thể phát hiện ra chúng. Phương pháp này cũng đã nhận dạng một ít các hành tinh ngoài hệ Mặt Trời, một số trong đó nằm gần trung tâm Ngân Hà.

Ngay cả hằng số Hubble và hằng số vũ trụ cũng có thể được đo bằng cách sử dụng các thấu kính Einstein. Hằng số Hubble được đo bằng cách thực hiện một sự quan sát tinh tế. Các chuẩn tinh sáng lên và mờ đi theo thời gian, nên lẽ ra người ta có thể trông đợi rằng các chuẩn tinh đôi, là các hình ảnh của cùng một thiên thể, sẽ dao động cùng một tốc độ. Trên thực tế, các chuẩn tinh đôi này không hoàn toàn dao động đồng điệu cùng nhau. Sử dụng sự phân bổ đã biết của vật chất, các nhà thiên văn có thể tính toán thời gian trễ chia cho tổng thời gian phải mất để ánh sáng của nó tới Trái Đất. Bằng cách đo thời gian trễ trong sự sáng lên của các chuẩn tinh đôi này, người ta có thể tính toán khoảng cách của nó tới Trái Đất. Biết dịch chuyển đỏ của nó, người ta có thể tính toán hằng số Hubble. (Phương pháp này đã được áp dụng cho chuẩn tinh Q0957+561, được tìm thấy cách xa Trái Đất khoảng 14 tỉ năm ánh sáng. Sau đó, hằng số Hubble đã được tính toán dựa trên phân tích 7 chuẩn tinh khác. Trong phạm vi sai số cho phép, các tính toán này phù hợp với các kết quả đã biết. Điều thú vị là phương pháp này hoàn toàn độc lập với độ sáng của các ngôi sao, chẳng hạn như các sao biến quang Cepheid và các sao siêu mới kiểu Ia, nên nó là một sự kiểm tra độc lập đối với các kết quả.)

Hằng số vũ trụ, chìa khóa đối với tương lai của vũ trụ của chúng ta, cũng có thể được đo bằng phương pháp này. Tính toán dù hơi thô sơ, nhưng nó cũng phù hợp với các phương pháp khác. Vì hàng tỉ năm về trước tổng thể tích của vũ trụ nhỏ hơn hiện nay, nên xác suất tìm thấy các chuẩn tinh sẽ tạo thành một thấu kính Einstein trong quá khứ cũng lớn hơn. Vì thế, bằng cách đo đạc số lượng chuẩn tinh đôi ở các thời điểm khác nhau trong tiến trình tiến hóa của vũ trụ, người ta có thể tính toán sơ bộ tổng thể tích của vũ trụ, từ đó suy ra hằng số vũ trụ, là đại lượng chi phối sự dãn nở của vũ trụ. Năm 1998, các nhà thiên văn tại Trung tâm vật lý thiên văn Harvard-Smithsonian đã ước tính sơ bộ rằng hằng số vũ trụ chiếm không quá 62% hàm lượng vật chất/năng lượng của toàn vũ trụ.* (Kết quả thực tế của WMAP là 73%.)

VẬT CHẤT TỐI TRONG PHÒNG KHÁCH NHÀ BẠN

Vật chất tối, nếu lan tỏa khắp vũ trụ, không chỉ tồn tại trong chân không giá lạnh của không gian. Trên thực tế, nó cũng sẽ được tìm thấy ngay trong phòng khách nhà bạn. Ngày nay, nhiều nhóm nghiên cứu đang chạy đua để xem ai sẽ là người đầu tiên bẫy được hạt vật chất tối đầu tiên trong phòng thí nghiệm. Tính ăn thua rất cao; đội có khả năng bắt giữ một hạt vật chất tối phóng qua các thiết bị thăm dò sẽ là đội đầu tiên phát hiện ra một dạng vật chất mới trong 2.000 năm.

Ý tưởng chính làm cơ sở cho các thử nghiệm này là phải có một khối lớn vật liệu tinh khiết (như natri iôđua, ôxít nhôm, freon, gecmani, hoặc silic), mà trong đó các hạt vật chất tối có thể tương tác. Thỉnh thoảng, một hạt vật chất tối có thể va chạm với hạt nhân của một nguyên tử và gây ra một kiểu phân rã đặc trưng. Bằng cách chụp ảnh dấu vết của các hạt tham gia vào phân rã này, các nhà khoa học có thể xác nhận sự hiện diện của vật chất tối.

Các nhà thử nghiệm đang tỏ ra lạc quan một cách thận trọng, vì độ nhạy của thiết bị đo đạc ngày nay đem lại cho họ cơ hội quan sát vật chất tối tốt nhất. Hệ Mặt Trời của chúng ta quay trên quỹ đạo xung quanh một lỗ đen ở trung tâm của Ngân Hà với tốc độ 220 km/s. Kết quả là hành tinh của chúng ta đi qua một lượng đáng kể vật chất tối. Các nhà vật lý ước tính mỗi giây có 1 tỉ hạt vật chất tối tuôn chảy qua mỗi mét vuông thế giới của chúng ta, xuyên cả qua cơ thể chúng ta.*

Mặc dù chúng ta sống trong một "cơn gió vật chất tối" thổi qua hệ Mặt Trời, nhưng các thử nghiệm để phát hiện vật chất tối trong phòng thí nghiệm là cực kỳ khó thực hiện vì các hạt vật chất tối tương tác quá yếu với vật chất thông thường. Ví dụ, các nhà khoa học sẽ mong muốn tìm thấy được từ 0,01 tới 10 sự kiện tương tác xảy ra mỗi năm trong 1 kg vật liệu riêng lẻ trong phòng thí nghiệm. Nói cách khác, bạn sẽ phải cẩn thận theo dõi các lượng lớn vật liệu này trong nhiều năm để thấy các sự kiện phù hợp với các va chạm của vật chất tối.

Cho tới nay, các thử nghiệm như UKDMC tại Vương quốc Anh; ROSEBUD tại Canfranc, Tây Ban Nha; SIMPLE tại Rustrel, Pháp và Edelweiss tại Frejus, Pháp vẫn chưa phát hiện được bất kỳ sự kiện nào như vậy.* Năm 1999, thử nghiệm DAMA, thực hiện ở ngoại ô Rome, đã gây náo động giới vật lý khi các nhà khoa học thông báo nhìn thấy các hạt vật chất tối. Vì DAMA sử dụng 100 kg natri iôđua nên nó là thiết bị lớn nhất thế giới. Tuy nhiên, khi các thiết bị dò tìm khác cố tái tạo kết quả của DAMA, chúng đã không tìm thấy gì, khiến người ta nghi vấn về các khám phá của DAMA.

Nhà vật lý David B. Cline lưu ý: "Nếu các thiết bị dò ghi lại được và xác nhận một tín hiệu, nó sẽ được thừa nhận là một trong những thành tựu lớn của thế kỷ 21... Bí ẩn lớn nhất trong vật lý thiên văn hiện đại có thể sớm được giải quyết."*

Nếu vật chất tối sớm được tìm thấy, như nhiều nhà vật lý hy vọng, nó có thể củng cố cho tính siêu đối xứng (và có thể, qua thời gian, cho cả thuyết siêu dây) mà không cần sử dụng các máy đập vỡ nguyên tử.

VẬT CHẤT TỐI SIÊU ĐỐI XỨNG

Lướt nhìn qua các hạt mà tính siêu đối xứng dự báo, ta thấy có một vài ứng viên có vẻ thích hợp để giải thích vật chất tối. Một ứng viên là neutralino, một họ các hạt chứa siêu đối tác của photon. Về mặt lý thuyết, neutralino dường như phù hợp với các dữ liệu. Không chỉ trung hòa về điện tích, vô hình, có khối lượng (vì thế nó chỉ chịu ảnh hưởng của hấp dẫn) mà nó còn ổn định. (Đó là vì nó có khối lượng thấp nhất trong số bất kỳ hạt nào trong họ và do đó không thể phân rã thành bất kỳ trạng thái thấp hơn nào nữa.) Cuối cùng, và có lẽ quan trọng nhất, vũ trụ phải chứa đầy các neutralino, điều này sẽ làm cho chúng là các ứng viên lý tưởng cho vật chất tối.

Các neutralino có một lợi thế lớn: chúng có thể giải quyết được bí ẩn tại sao vật chất tối lại chiếm 23% hàm lượng vật chất/năng lượng của vũ trụ, trong khi hyđrô và hêli chỉ chiếm không đáng kể là 4%.

Nhớ lại rằng khi vũ trụ mới 380.000 năm tuổi, nhiệt độ đã giảm xuống cho đến khi các nguyên tử không còn bị xé toạc ra do các va chạm mà sức nóng dữ dội của vụ nổ lớn gây ra. Vào lúc đó, quả cầu lửa đang dãn nở bắt đầu nguội đi, ngưng tụ, hình thành các nguyên tử nguyên vẹn và ổn định. Các nguyên tử dồi dào ngày nay đại khái đã hình thành trong khoảng thời gian đó. Bài học rút ra là sự dồi dào của vật chất trong vũ trụ có từ thời mà vũ trụ đủ nguội để cho vật chất có thể tồn tại ổn định.

Luận cứ này có thể được sử dụng để tính toán sự dồi dào của các neutralino. Ngay sau vụ nổ lớn, nhiệt độ cực kỳ nóng, tới mức thậm chí các neutralino cũng bị phá hủy do các va chạm. Nhưng khi vũ trụ nguội đi, tại một thời điểm nhất định nhiệt độ giảm xuống đủ để các neutralino có thể hình thành mà không bị phá hủy. Sự dồi dào của các neutralino có từ thời kỳ sớm sủa này. Khi thực hiện tính toán, chúng ta thấy rằng lượng các neutralino lớn hơn nhiều so với các nguyên tử, và trên thực tế xấp xỉ tương ứng với sự dồi dào thực tế của vật chất tối ngày nay. Do đó, các hạt siêu đối xứng có thể giải thích lý do tại sao vật chất tối lại phổ biến đến mức áp đảo trong khắp vũ trụ.

KHẢO SÁT BẦU TRỜI SLOAN

Mặc dù trong thế kỷ 21 các thiết bị đo đạc liên quan đến vệ tinh sẽ có nhiều tiến bộ, nhưng không có nghĩa rằng những nghiên cứu sử dụng các kính thiên văn quang học và vô tuyến trên mặt đất bị gạt sang một bên. Trên thực tế, tác động của cuộc cách mạng kỹ thuật số đã thay đổi phương thức sử dụng các kính thiên văn quang học và vô tuyến, nâng khả năng phân tích thống kê lên tới hàng trăm nghìn thiên hà. Công nghệ kính viễn vọng bây giờ đột nhiên được cải thiện lần nữa nhờ thành quả của công nghệ mới này.

Trước kia, các nhà thiên văn đã giành giật nhau lượng thời gian hạn chế mà họ được phép sử dụng các kính thiên văn lớn nhất thế giới. Họ ghen tị canh chừng thời gian quý báu trên các thiết bị này và tiêu tốn nhiều giờ cặm cụi làm việc suốt đêm trong các căn phòng lạnh giá, ẩm thấp. Một phương pháp quan sát cổ xưa như vậy là cực kỳ không hiệu quả và thường gây ra những hận thù cay đắng giữa các nhà thiên văn, những người cảm thấy bị các "chức sắc" độc quyền thời gian trên kính thiên văn coi thường. Tất cả những điều này đang thay đổi với sự ra đời của Internet và máy tính tốc độ cao.

Ngày nay, nhiều kính viễn vọng hoàn toàn tự động hóa và có thể được các nhà thiên văn trên khắp các châu lục lập trình từ cách xa hàng nghìn dặm. Kết quả của các khảo sát đồ sộ này có thể được số hóa và sau đó đưa lên Internet, và dữ liệu được phân tích bởi các siêu máy tính mạnh mẽ. Một ví dụ về sức mạnh của phương pháp kỹ thuật số này là SETI@home, một dự án đặt cơ sở ở Đại học California tại Berkeley để phân tích các tín hiệu là dấu hiệu của trí tuệ ngoài Trái Đất. Các dữ liệu đồ sộ từ kính viễn vọng vô tuyến Aricebo ở Puerto Rico được số hóa và sau đó được gửi tới các máy tính trên toàn thế giới, chủ yếu là các máy tính nghiệp dư. Một chương trình phần mềm bảo vệ màn hình chờ có thể tự động phân tích dữ liệu của trí tuệ ngoài Trái Đất khi máy tính ở trạng thái rỗi không sử dụng. Bằng phương pháp này, nhóm nghiên cứu đã xây dựng mạng máy tính lớn nhất trên thế giới, liên kết khoảng 5 triệu máy tính từ khắp nơi trên toàn cầu.

Ví dụ nổi bật nhất của thám hiểm vũ trụ kỹ thuật số ngày nay là Khảo sát bầu trời Sloan, một dự án khảo sát bầu trời đêm tham vọng nhất từng được thực hiện cho tới nay. Cũng giống như Khảo sát bầu trời Palomar trước đó sử dụng các tấm kính ảnh đã lỗi thời được lưu giữ trong các khối cồng kềnh, Khảo sát bầu trời Sloan sẽ tạo ra một bản đồ chuẩn xác của các thiên thể trên bầu trời. Cuộc khảo sát đã xây dựng các bản đồ ba chiều của các thiên hà xa xăm trong năm màu, bao gồm cả dịch chuyển đỏ của trên một triệu thiên hà. Đầu ra của Khảo sát bầu trời Sloan là một bản đồ cấu trúc vũ trụ tỉ lệ lớn hơn vài trăm lần so với những nỗ lực trước đó. Nó sẽ vẽ bản đồ vô cùng chi tiết của một phần tư toàn thể bầu trời cũng như xác định vị trí và độ sáng của 100 triệu thiên thể. Nó cũng sẽ xác định khoảng cách của hơn 1 triệu thiên hà và khoảng 100.000 chuẩn tinh. Tổng lượng thông tin mà cuộc khảo sát này sinh ra sẽ là 15 terabyte (1.000 tỉ byte), có thể sánh với lượng thông tin được lưu trữ trong Thư viện Quốc hội Mỹ.

Tâm điểm của Khảo sát Sloan là một kính viễn vọng 2,5 m, đặt ở miền Nam bang New Mexico, chứa một trong những máy ảnh tiên tiến nhất được sản xuất cho tới nay. Nó chứa 30 bộ cảm biến ánh sáng điện tử tinh vi, được gọi là các CCD (viết tắt từ tiếng Anh Charge-Coupled Device, nghĩa là thiết bị tích điện kép hay thiết bị tích điện ngẫu hợp), mỗi cái có diện tích xấp xỉ 13 cm^2, gắn kín trong chân không. Mỗi cảm biến, được làm lạnh ở nhiệt độ tới -80 độ C bằng nitơ lỏng, độ phân giải 4 triệu điểm ảnh. Vì thế tất cả ánh sáng mà kính thiên văn thu thập có thể được các CCD số hóa ngay lập tức và sau đó được đưa trực tiếp vào một máy tính để xử lý. Với chưa tới 20 triệu đô la Mỹ, khảo sát này tạo ra một hình ảnh tuyệt đẹp của vũ trụ với chi phí chỉ bằng 1% chi phí của kính thiên văn không gian Hubble.

Một số dữ liệu số hóa từ khảo sát này được đưa lên Internet, nơi các nhà thiên văn trên toàn thế giới có thể nghiền ngẫm nó. Theo cách này, chúng ta cũng có thể khai thác tiềm năng trí tuệ của các nhà khoa học trên toàn thế giới. Trong quá khứ, các nhà khoa học thuộc thế giới thứ ba thường xuyên không thể truy cập vào các dữ liệu quan trắc thiên văn mới nhất cũng như các tạp chí mới nhất. Đây là sự lãng phí tài năng khoa học rất lớn. Giờ đây, nhờ có Internet, họ có thể tải các dữ liệu từ các cuộc khảo sát bầu trời, đọc các bài báo khi chúng xuất hiện trên Internet, cũng như có thể xuất bản các bài báo trên web với tốc độ ánh sáng.

Khảo sát Sloan đang thay đổi cách thức tiến hành nghiên cứu thiên văn học, với nhiều kết quả mới tạo ra dựa trên phân tích của hàng trăm nghìn thiên hà, điều bị giới hạn chỉ vài năm trước. Chẳng hạn, vào tháng 5 năm 2003, một nhóm các nhà khoa học từ Tây Ban Nha, Đức và Hoa Kỳ thông báo rằng họ đã phân tích 250.000 thiên hà để tìm ra chứng cứ về vật chất tối. Trong số đó, họ đã tập trung vào 3.000 thiên hà có các quần sao quay xung quanh. Bằng cách sử dụng các định luật Newton về chuyển động để phân tích chuyển động của các "vệ tinh" này, họ đã tính toán lượng vật chất tối phải bao quanh thiên hà trung tâm. Các nhà khoa học đã loại bỏ một thuyết đối thủ. (Một thuyết lần đầu tiên được đề xuất vào năm 1983, đã thử giải thích quỹ đạo bất thường của các ngôi sao trong các thiên hà bằng cách hiệu chỉnh chính các định luật của Newton. Có lẽ vật chất tối đã không thực sự tồn tại mà là do một lỗi trong chính các định luật Newton. Các dữ liệu khảo sát đặt nghi vấn về thuyết này.)

Tháng 7 năm 2003, một nhóm các nhà khoa học khác từ Đức và Hoa Kỳ đã thông báo rằng họ đã phân tích 120.000 thiên hà cận kề bằng cách sử dụng Khảo sát Sloan để làm sáng tỏ mối quan hệ giữa các thiên hà và các lỗ đen bên trong chúng. Câu hỏi là: cái gì đến trước, các lỗ đen hay các thiên hà chứa chúng? Kết quả của điều tra này chỉ ra rằng sự hình thành của thiên hà và lỗ đen là ràng buộc mật thiết với nhau, và chúng chắc có lẽ được hình thành cùng nhau. Nó chỉ ra rằng trong 120.000 thiên hà đã phân tích, có 20.000 thiên hà có chứa các lỗ đen vẫn còn đang phát triển (không giống như lỗ đen khá im lìm trong Ngân Hà). Các kết quả cho thấy rằng những thiên hà có chứa lỗ đen vẫn còn đang phát triển về kích thước thì lớn hơn nhiều so với Ngân Hà, và chúng lớn lên bằng cách nuốt khí tương đối lạnh từ thiên hà này.

BÙ ĐẮP CHO CÁC THĂNG GIÁNG NHIỆT

Còn một cách khác giúp hồi sinh các kính thiên văn quang học là sử dụng các laser để bù đắp cho sự biến dạng do khí quyển gây ra. Các ngôi sao không nhấp nháy vì chúng rung động; các ngôi sao nhấp nháy chủ yếu là do các thăng giáng nhiệt nhỏ xíu trong khí quyển. Điều này có nghĩa là trong khoảng không vũ trụ, cách xa bầu khí quyển, các ngôi sao liên tục chiếu sáng vào các nhà du hành vũ trụ của chúng ta. Mặc dù ánh sáng lấp lánh này đem lại vẻ đẹp cho bầu trời đêm, nhưng với một nhà thiên văn thì nó là cơn ác mộng, dẫn đến các hình ảnh nhòe nhoẹt của các thiên thể. (Tôi còn nhớ hồi nhỏ khi nhìn chằm chằm vào hình ảnh mờ nhạt của sao Hỏa, tôi đã mong muốn tìm ra cách nào đó để có được những hình ảnh sắc nét của hành tinh đỏ. Tôi đã nghĩ giá như có thể loại bỏ các nhiễu loạn từ khí quyển nhờ sắp xếp lại các chùm tia sáng thì có lẽ bí mật của sự sống ngoài Trái Đất có thể đã được giải quyết.)

Một cách để bù đắp cho sự nhòe nhoẹt này là sử dụng các laser và các máy tính tốc độ cao để loại trừ sự biến dạng. Phương pháp này sử dụng "quang học thích ứng" ("adaptive optics"), được đồng môn của tôi từ Đại học Harvard là Claire Max từ Phòng thí nghiệm quốc gia Lawrence Livermore và những người khác khai phá khi sử dụng kính thiên văn W. M. Keck khổng lồ (lớn nhất trên thế giới) ở Hawaii và kính thiên văn Shane nhỏ hơn (dài 3 m) tại Đài quan sát Lick ở bang California. Chẳng hạn, bằng cách bắn một chùm tia laser vào khoảng không vũ trụ, người ta có thể đo đạc các thăng giáng nhiệt độ nhỏ xíu trong khí quyển. Thông tin này được phân tích bằng máy tính, sau đó thực hiện các điều chỉnh nhỏ trong gương của kính viễn vọng để bù đắp cho sự biến dạng của ánh sáng sao. Theo cách này, người ta có thể loại trừ gần đúng sự nhiễu loạn từ khí quyển.

Phương pháp này đã được thử nghiệm thành công vào năm 1996 và kể từ đó tạo ra những bức ảnh sắc nét của các hành tinh, các ngôi sao và các thiên hà. Hệ thống này bắn ánh sáng từ một máy phát laser màu có thể điều hướng với công suất 18 oát vào bầu trời. Máy phát laser được gắn vào kính viễn vọng 3 m, với các gương tùy biến được điều chỉnh để bù lại sự biến dạng do khí quyển gây ra. Bản thân hình ảnh được thu vào một máy ảnh CCD và được số hóa. Với một ngân sách khiêm tốn, hệ thống này đã thu được các bức ảnh gần như có thể so sánh với kính thiên văn không gian Hubble. Người ta có thể thấy các chi tiết nhỏ mịn trong các hành tinh và thậm chí còn có thể quan sát trung tâm của một chuẩn tinh khi sử dụng phương pháp này, vậy là nó đã thổi một sức sống mới vào các kính thiên văn quang học.

Phương pháp này cũng đã tăng độ phân giải của kính thiên văn Keck lên 10 lần. Đài quan sát Keck, nằm trên đỉnh núi lửa Mauna Kea ở Hawaii, trên độ cao gần 14.000 foot (hơn 4.000 m) trên mực nước biển, bao gồm hai kính viễn vọng, mỗi chiếc nặng 270 tấn. Mỗi một gương có kích thước 10 m bề ngang, tạo nên từ 36 mảnh hình lục giác, mỗi mảnh có thể điều chỉnh độc lập bằng máy tính. Năm 1999, một hệ thống quang học thích ứng đã được lắp đặt vào Keck II, bao gồm một gương nhỏ có thể biến đổi hình dạng 670 lần mỗi giây. Hệ thống này đã bắt được hình ảnh của các ngôi sao quay xung quanh lỗ đen ở trung tâm Ngân Hà của chúng ta, bề mặt của sao Hải Vương và Titan (một vệ tinh của sao Thổ), và thậm chí một hành tinh ngoài hệ Mặt Trời đã che khuất ngôi sao mẹ cách xa Trái Đất 153 năm ánh sáng. Ánh sáng từ ngôi sao HD 209458 đã mờ đi đúng như dự đoán, khi hành tinh này di chuyển ở phía trước ngôi sao.

GHÉP NỐI CÁC KÍNH THIÊN VĂN VÔ TUYẾN VỚI NHAU

Các kính thiên văn vô tuyến cũng được hồi sinh nhờ cuộc cách mạng máy tính. Trong quá khứ, các kính thiên văn vô tuyến bị giới hạn bởi kích thước đĩa của chúng. Đĩa càng lớn thì có thể thu thập từ không gian và phân tích càng nhiều tín hiệu vô tuyến hơn. Tuy nhiên, đĩa càng lớn thì lại càng đắt. Một cách để khắc phục vấn đề này là ghép nối vài cái đĩa lại với nhau để mô phỏng khả năng thu sóng vô tuyến của một siêu kính thiên văn vô tuyến. (Kính thiên văn vô tuyến lớn nhất có thể được ghép nối lại với nhau trên Trái Đất có kích thước bằng kích thước của chính Trái Đất.) Các nỗ lực trước đây để ghép nối các kính viễn vọng vô tuyến với nhau ở Đức, Ý và Hoa Kỳ đã chứng tỏ thành công phần nào.

Một khó khăn với phương pháp này là các tín hiệu từ tất cả các kính thiên văn vô tuyến khác nhau phải được kết hợp với nhau chính xác và sau đó đưa vào một máy tính. Trước kia, điều này là vô cùng khó khăn. Tuy nhiên, với sự ra đời của Internet và các máy tính tốc độ cao chi phí thấp, các chi phí đã giảm xuống đáng kể. Ngày nay, việc tạo ra các kính thiên văn vô tuyến với kích thước thực cỡ Trái Đất không còn là điều tưởng tượng nữa.

Tại Hoa Kỳ, thiết bị tiên tiến nhất sử dụng công nghệ giao thoa này là VLBA (viết tắt của Very Long Baseline Array, nghĩa là Dãy kính có cạnh đáy rất dài), là một tập hợp gồm mười ăng ten vô tuyến đặt tại các địa điểm khác nhau, ở các bang New Mexico, Arizona, New Hampshire, Washington, Texas, quần đảo Virgin và Hawaii. Mỗi trạm VLBA chứa một đĩa lớn, đường kính 82 foot (25 m), nặng 240 tấn và cao bằng tòa nhà mười tầng. Các tín hiệu vô tuyến được ghi lại cẩn thận vào băng từ, sau đó được vận chuyển tới Trung tâm điều phối Socorro, bang New Mexico, tại đó chúng được làm cho tương quan với nhau và được phân tích. Hệ thống này đã đi vào hoạt động năm 1993 với chi phí 85 triệu đô la Mỹ.

Việc làm tương quan các dữ liệu từ mười vị trí này tạo ra một kính thiên văn vô tuyến hiệu dụng khổng lồ, rộng 5.000 dặm (8.000 km) và có thể tạo ra một số hình ảnh sắc nét nhất trên Trái Đất. Nó giống như đứng ở thành phố New York và đọc một tờ báo ở Los Angeles. VLBA đã sản xuất các bộ "phim" về các tia vũ trụ và các vụ nổ sao siêu mới, đồng thời thực hiện đo đạc khoảng cách chính xác nhất từ trước tới nay tới một thiên thể bên ngoài Ngân Hà.

Trong tương lai, ngay cả các kính thiên văn quang học cũng có thể sử dụng sức mạnh của giao thoa kế, mặc dù điều này khá khó khăn vì bước sóng ngắn của ánh sáng. Các nhà khoa học có kế hoạch lấy các dữ liệu quang học từ hai kính thiên văn tại Đài quan sát Keck ở Hawaii và giao thoa chúng, như vậy về cơ bản tạo ra một kính thiên văn khổng lồ lớn hơn bất cứ kính nào trong hai kính.

ĐO ĐẠC CHIỀU THỨ MƯỜI MỘT

Ngoài việc tìm kiếm vật chất tối và các lỗ đen, điều hấp dẫn nhất đối với các nhà vật lý là tìm kiếm các chiều bậc cao hơn trong không gian và thời gian. Một trong những nỗ lực đầy tham vọng là xác minh sự tồn tại của một vũ trụ cận kề được thực hiện tại Đại học Colorado ở Boulder. Các nhà khoa học ở đó đã cố gắng phát hiện các sai lệch so với định luật bình phương nghịch đảo nổi tiếng của Newton.

Theo thuyết hấp dẫn của Newton, lực hút giữa hai vật thể bất kỳ giảm theo bình phương của khoảng cách ngăn cách chúng. Nếu bạn tăng gấp đôi khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời, thì lực hấp dẫn giảm xuống theo 2 bình phương, hay 4 lần. Điều này biểu hiện số chiều của không gian.

Cho đến nay, định luật hấp dẫn của Newton đứng vững ở các khoảng cách vũ trụ liên quan đến các quần thiên hà lớn. Nhưng không một ai thử nghiệm đầy đủ định luật hấp dẫn của ông xuống tới các thang chiều dài nhỏ, vì nó là cực kỳ khó khăn. Vì hấp dẫn là một lực yếu như vậy, ngay cả những nhiễu loạn nhỏ nhất cũng có thể phá hủy thử nghiệm. Ngay cả những chiếc xe tải đi ngang qua cũng tạo ra các rung động đủ lớn để vô hiệu hóa các thử nghiệm đang cố gắng đo lực hấp dẫn giữa hai vật thể nhỏ.

Các nhà vật lý ở Colorado đã xây dựng một thiết bị tinh vi, gọi là thiết bị cộng hưởng cao tần, có thể thử nghiệm định luật hấp dẫn xuống tới 1/10 mm, đây là lần đầu tiên một thử nghiệm được thực hiện trên một quy mô nhỏ như vậy. Thử nghiệm bao gồm hai cái "lưỡi gà" bằng vonfram rất mỏng được treo lơ lửng trong chân không. Một lưỡi gà rung động ở tần số 1.000 chu kỳ mỗi giây (1.000 Hz), trông hơi giống như một ván nhún đang rung. Các nhà vật lý sau đó tìm kiếm bất kỳ rung động nào được truyền qua chân không tới lưỡi gà thứ hai. Bộ máy này nhạy tới mức nó có thể phát hiện chuyển động trong lưới gà thứ hai gây ra bởi lực cỡ một phần tỉ trọng lượng của một hạt cát. Nếu có độ lệch trong định luật hấp dẫn của Newton, thì phải có các nhiễu loạn nhỏ được ghi nhận trong lưới gà thứ hai. Tuy nhiên, sau khi phân tích các khoảng cách xuống tới 108 phần triệu mét, các nhà vật lý đã không tìm thấy độ lệch như vậy. "Cho tới nay, Newton vẫn đang giữ vững vị trí của mình," C. D. Hoyle từ Đại học Trento tại Ý, người đã phân tích thử nghiệm cho tạp chí *Nature*, phát biểu.*

Kết quả tuy không phát hiện được gì mới, nhưng nó khuấy động thêm ham muốn của các nhà vật lý muốn kiểm tra độ lệch trong định luật Newton xuống tới cấp độ vi mô.

Còn một thử nghiệm khác đang được dự tính thực hiện tại Đại học Purdue. Các nhà vật lý tại đó muốn đo đạc xem có các sai lệch nhỏ hay không trong định luật hấp dẫn của Newton, không phải ở mức độ milimét mà ở mức độ nguyên tử. Họ dự tính làm điều này bằng cách sử dụng công nghệ nano để đo sự khác biệt giữa niken 58 và niken 64. Hai đồng vị này có các tính chất điện và hóa học đồng nhất, nhưng một đồng vị có nhiều hơn đồng vị kia sáu notron. Về nguyên tắc, sự khác biệt duy nhất giữa các đồng vị này là trọng lượng của chúng.

Các nhà khoa học này hình dung tạo ra một thiết bị Casimir bao gồm hai bộ các tấm trung hòa về điện làm từ hai đồng vị. Thông thường, khi các tấm này được để gần nhau, không có gì xảy ra vì chúng không có điện tích. Nhưng nếu chúng được đưa lại cực kỳ gần nhau, thì diễn ra hiệu ứng Casimir: hai tấm hút nhau một chút, một hiệu ứng đã được đo đạc trong phòng thí nghiệm. Nhưng vì mỗi bộ các tấm song song được làm từ các đồng vị khác nhau của niken, nên chúng sẽ bị hút hơi khác nhau một chút, tùy thuộc vào lực hấp dẫn của chúng.

Nhằm tối đa hóa hiệu ứng Casimir, các tấm phải được đưa lại cực kỳ gần nhau. (Hiệu ứng tỉ lệ thuận với nghịch đảo bậc bốn của khoảng cách ngăn cách chúng. Vì thế, hiệu ứng gia tăng nhanh chóng khi các tấm được đưa lại sát nhau.) Các nhà vật lý ở Purdue sẽ sử dụng công nghệ nano để làm cho các tấm cách nhau một khoảng cách bằng các khoảng cách nguyên tử. Họ sẽ sử dụng các thiết bị tạo dao động xoắn vi điện cơ tối tân nhất để đo đạc các dao động nhỏ trong các tấm này. Bất kỳ sự khác biệt giữa các tấm niken 58 và niken 64 khi đó có thể được quy cho hấp dẫn. Theo cách này, họ hy vọng đo được các sai lệch so với các định luật Newton về chuyển động xuống tới các khoảng cách nguyên tử. Nếu với các thiết bị tinh xảo này họ tìm thấy một sai lệch so với định luật bình phương nghịch đảo nổi tiếng của Newton, thì nó có thể báo hiệu sự hiện diện của một vũ trụ chiều bậc cao hơn bị tách khỏi vũ trụ của chúng ta một khoảng bằng kích thước của một nguyên tử.

MÁY VA CHẠM HADRON LỚN

Nhưng thiết bị có thể trả lời dứt khoát nhiều câu hỏi loại này là LHC (viết tắt của Large Hadron Collider nghĩa là máy va chạm hadron lớn), hiện nay sắp hoàn thành ở gần Geneva, Thụy Sĩ, tại trung tâm thí nghiệm hạt nhân nổi tiếng của CERN.(1) Không giống như các thử nghiệm trước đó trên các dạng thức kỳ lạ của vật chất xảy ra tự nhiên trong thế giới của chúng ta, LHC có thể có đủ năng lượng để trực tiếp tạo ra chúng trong phòng thí nghiệm. LHC sẽ có thể thăm dò các khoảng cách nhỏ tới 10^{-19} m, hoặc nhỏ hơn proton 10.000 lần, và tạo ra các nhiệt độ chưa từng được thấy kể từ vụ nổ lớn. "Các nhà vật lý chắc chắn rằng các va chạm thực hiện trong máy LHC có thể bộc lộ các "trò ảo thuật" mới lạ mà tự nhiên vẫn giấu giếm: có lẽ là một hạt kỳ dị được gọi là boson Higgs, có lẽ là chứng cứ của một hiệu ứng thần kỳ được gọi là siêu đối xứng, hoặc có lẽ là một điều gì đó bất ngờ sẽ đảo lộn hoàn toàn vật lý hạt lý thuyết,"* Chris Llewellyn Smith, cựu tổng giám đốc CERN và bây giờ là hiệu trưởng Đại học Tổng hợp London (UCL) viết. CERN có 7.000 người vận hành thiết bị, chiếm trên một nửa tất cả các nhà vật lý hạt thực nghiệm trên hành tinh. Và nhiều người trong số họ sẽ trực tiếp tham gia vào các thực nghiệm LHC.

LHC là một cỗ máy hình trụ tròn nằm ngang đầy sức mạnh, đường kính 27 km, đủ lớn để bao quanh trọn vẹn nhiều thành phố trên thế giới. Đường hầm của nó dài tới mức thực sự án ngữ cả biên giới Pháp-Thụy Sĩ. LHC tốn kém đến nỗi cần đến cả một công-xoóc-xi-om của vài nước châu Âu để xây dựng nó. Khi nó được khởi động vào năm 2007, các nam châm mạnh được bố trí dọc theo đường ống hình tròn sẽ buộc một chùm các proton phải luân chuyển ở mức năng lượng ngày càng tăng, cho đến khi chúng đạt tới khoảng 14.000 tỉ electron vôn.

---

(1) Máy gia tốc hạt LHC bắt đầu đi vào hoạt động ngày 10-9-2008. Ngày 4-7-2012 LHC đã quan sát được hạt có đầy đủ đặc tính của hạt "bosson Higgs". Xác nhận này góp phần mang lại giải Nobel vật lý năm 2013 cho François Englert và Peter W. Higgs.

Cỗ máy này bao gồm một buồng chân không hình tròn lớn với các nam châm khổng lồ được đặt dọc theo chiều dài của nó để bẻ cong các chùm tia mạnh thành một vòng tròn. Khi các hạt luân chuyển trong đường ống, năng lượng được tiếp thêm vào buồng, làm tăng vận tốc của các proton. Khi chùm tia cuối cùng đập vào mục tiêu, nó giải phóng luồng bức xạ khổng lồ. Các phân mảnh tạo ra từ va chạm này sau đó được các bộ thiết bị phát hiện chụp ảnh để tìm kiếm bằng chứng của các hạt hạ nguyên tử mới và kỳ dị.

LHC thực sự là một cỗ máy khổng lồ. Trong khi LIGO và LISA cố gắng gia tăng giới hạn độ nhạy, thì LHC vô đối về sức mạnh tuyệt đối. Các nam châm mạnh bẻ cong chùm các proton thành một vòng cung duyên dáng sinh ra một từ trường 8,3 tesla, lớn hơn từ trường Trái Đất 160.000 lần. Để sinh ra các từ trường siêu khổng lồ như vậy, các nhà vật lý phải áp dòng điện 12.000 ampe vào một chuỗi các cuộn dây, được làm lạnh xuống tới -271 độ C, nhiệt độ mà các cuộn dây mất tất cả trở kháng và trở thành siêu dẫn. Tổng cộng, nó có 1.232 nam châm dài 15 m, được đặt dọc theo 85% toàn bộ chu vi của cỗ máy này.

Trong đường hầm, các proton được tăng tốc tới 99,999999% tốc độ ánh sáng cho đến khi chúng đập vào mục tiêu, được định vị tại bốn điểm xung quanh ống, theo cách ấy tạo ra hàng tỉ va chạm mỗi giây. Các thiết bị phát hiện khổng lồ được đặt ở đó (thiết bị lớn nhất có kích thước của một tòa nhà sáu tầng) để phân tích các mảnh vỡ và săn lùng các hạt hạ nguyên tử khó nắm bắt.

Như Smith đã đề cập trước đó, một trong những mục tiêu của LHC là tìm hạt boson Higgs khó nắm bắt, mảnh ghép cuối cùng của Mô hình Chuẩn vẫn chưa bị tóm giữ. Hạt này rất quan trọng vì nó phá vỡ tính đối xứng tự phát trong các thuyết hạt và là nguồn gốc của khối lượng trong thế giới lượng tử. Các ước tính khối lượng của boson Higgs nằm trong khoảng từ 115 tới 200 tỉ electron vôn (để so sánh, proton nặng khoảng 1 tỉ electron vôn⁽¹⁾).* (Tevatron, một cỗ máy nhỏ hơn nhiều nằm tại Fermilab ở ngoại ô Chicago, trên thực tế có thể là máy gia tốc đầu tiên săn được boson Higgs giỏi lẩn tránh, nếu khối lượng của hạt này không quá nặng như vậy. Về nguyên tắc, Tevatron có thể tạo ra tới 10.000 boson Higgs nếu vận hành đúng theo kế hoạch. Tuy nhiên, LHC sẽ sinh ra các hạt với năng lượng cao hơn 7 lần. Với năng lượng 14.000 tỉ electron vôn, LHC hoàn toàn có khả năng trở thành một "nhà máy" sản xuất các boson Higgs, tạo ra hàng triệu hạt trong các va chạm proton của nó.)

Một mục tiêu khác của LHC là tạo ra các điều kiện chưa từng thấy kể từ khi vụ nổ lớn xảy ra. Cụ thể, các nhà vật lý tin rằng vụ nổ lớn ban đầu bao gồm một tập hợp lỏng lẻo các quark và gluon cực kỳ nóng, gọi là plasma quark-gluon. LHC sẽ có thể tạo ra loại plasma quark-gluon này, loại đã chi phối vũ trụ trong 10 micro giây đầu tiên vũ trụ tồn tại. Trong LHC, người ta có thể cho va chạm các hạt nhân chì với năng lượng 1.100 tỉ electron vôn. Với một va chạm khổng lồ như vậy, 400 proton và nơtron có thể "tan chảy" và giải phóng các quark vào trong plasma nóng bỏng này. Theo cách này, vũ trụ học có thể dần dần trở thành một khoa học với ít quan sát hơn và nhiều thực nghiệm hơn, với các thực nghiệm chính xác về các plasma quark-gluon được thực hiện ngay trong phòng thí nghiệm.

Ngoài ra còn có hy vọng rằng LHC có thể tìm thấy các lỗ đen thu nhỏ trong số mảnh vỡ tạo ra do các proton va đập

---

[1] Do khối lượng các hạt rất nhỏ, các nhà vật lý thường không dùng các đơn vị thông thường như kilôgam hay gam, mà quy về đơn vị năng lượng là electron vôn, vì khối lượng và năng lượng liên hệ với nhau qua hệ thức nổi tiếng của Einstein: $E = mc^2$, trong đó E là năng lượng, m là khối lượng và c là vận tốc ánh sáng. Hệ số cố định c^2 thường bị lược bỏ và chỉ còn lại đơn vị electron vôn. Như vậy khối lượng 1 tỉ electron vôn (tức 1GeV) bằng $1{,}8 \times 10^{-27}$ kg. Xem thêm mục electron vôn trong phần Chú giải thuật ngữ ở cuối sách.

với nhau ở mức năng lượng khủng khiếp, như đã đề cập trong chương bảy. Thông thường, việc tạo ra các lỗ đen lượng tử phải diễn ra ở mức năng lượng Planck, vượt quá năng lượng của LHC một triệu tỉ (10^{15}) lần. Nhưng nếu một vũ trụ song song tồn tại cách vũ trụ của chúng ta 1 mm sẽ làm giảm năng lượng mà tại đó các hiệu ứng hấp dẫn lượng tử có thể đo đạc được, khi đó các lỗ đen thu nhỏ sẽ trong tầm với của LHC.

Và cuối cùng, vẫn còn hy vọng về khả năng tìm thấy bằng chứng của tính siêu đối xứng nhờ LHC, đó sẽ là một bước đột phá lịch sử trong vật lý hạt. Các hạt này được coi là các đối tác của các hạt thông thường mà chúng ta thấy trong tự nhiên. Mặc dù thuyết dây và tính siêu đối xứng dự đoán rằng mỗi hạt hạ nguyên tử có một "anh em sinh đôi" với spin khác, nhưng tính siêu đối xứng chưa bao giờ được quan sát thấy trong tự nhiên, có lẽ vì các cỗ máy của chúng ta không đủ mạnh để phát hiện nó.

Sự tồn tại của các siêu hạt có thể giúp trả lời hai câu hỏi nan giải. Thứ nhất, thuyết dây là đúng hay sai? Mặc dù phát hiện trực tiếp các dây là cực kỳ khó khăn, nhưng có khả năng phát hiện ra các quãng tám thấp hay các cộng hưởng của thuyết dây. Nếu các hạt được phát hiện, nó sẽ tiến một chặng đường dài về hướng biện minh thực nghiệm cho thuyết dây (mặc dù điều này vẫn sẽ không chứng minh trực tiếp cho sự đúng đắn của nó).

Thứ hai, có lẽ nó sẽ tìm ra ứng viên đáng tin cậy nhất cho vật chất tối. Nếu vật chất tối bao gồm các hạt hạ nguyên tử, chúng phải ổn định và trung hòa về điện (nếu không chúng ta sẽ có thể nhìn thấy chúng), và chúng phải tương tác hấp dẫn với nhau. Tất cả ba thuộc tính có thể được tìm thấy trong số các hạt được thuyết dây dự đoán.

LHC, cỗ máy sẽ là máy gia tốc hạt mạnh nhất khi đi vào hoạt động, thực sự là lựa chọn thứ hai đối với phần lớn các nhà vật lý. Quay lại thập niên 1980, tổng thống Ronald Reagan đã phê duyệt dự án máy siêu va chạm siêu dẫn (SSC, viết tắt của Superconducting Supercollider), một cỗ máy khổng lồ có chu vi 50 dặm (80,5 km); nếu nó được xây dựng ở ngoại ô Dallas, bang Texas như dự kiến thì LHC sẽ chỉ là một chú lùn. Trong khi LHC có khả năng tạo ra các va chạm hạt với 14 nghìn tỉ electron vôn năng lượng, thì SSC đã được thiết kế để tạo ra các va chạm với năng lượng lên tới 40 nghìn tỉ electron vôn. Dự án ban đầu đã được phê duyệt, nhưng trong những ngày cuối cùng của phiên điều trần, Quốc hội Hoa Kỳ đã đột ngột bác bỏ dự án. Đó là một đòn nặng nề giáng vào vật lý năng lượng cao và cản trở bước tiến của lĩnh vực này trong cả một thế hệ.

Cuộc tranh luận chủ yếu xoay quanh chi phí 11 tỉ đô la Mỹ của cỗ máy và các ưu tiên khoa học lớn hơn. Bản thân cộng đồng khoa học đã bị chia rẽ sâu sắc về SSC, với một số nhà vật lý tuyên bố rằng SSC có thể rút hết tiền dành cho các nghiên cứu của chính họ. Cuộc tranh cãi đã nóng bỏng tới mức thậm chí cả tờ *New York Times* cũng đã đăng một bài xã luận quan trọng về những nguy hiểm mà "khoa học lớn" có thể bóp chết "khoa học nhỏ". (Các luận cứ này là sai lầm, vì ngân sách cho SSC đến từ một nguồn khác với ngân sách cho khoa học nhỏ. Đối thủ cạnh tranh thực sự của các quỹ là Trạm vũ trụ, thứ mà nhiều nhà khoa học cho là một sự lãng phí tiền bạc thật sự.)

Nhưng nhìn lại, tranh cãi này cũng là dịp học cách nói với công chúng bằng ngôn ngữ mà họ có thể hiểu được. Mặt khác, giới vật lý Hoa Kỳ cũng từng có các máy đập vỡ nguyên tử khổng lồ được Quốc hội thông qua vì người Nga cũng đã tiến hành chế tạo chúng. Trên thực tế, người Nga đã xây dựng máy gia tốc UNK để cạnh tranh với SSC. Uy tín và danh dự quốc gia được đặt lên bàn cân. Nhưng cuối cùng Liên Xô tan rã, cỗ máy của họ bị hủy bỏ, thế là chương trình SSC cũng dần dần xì hơi.*

CÁC MÁY GIA TỐC TRÊN MẶT BÀN

Với LHC có chi phí hàng chục tỉ đô la, các nhà vật lý đang dần dần tiếp cận giới hạn trên của năng lượng có thể đạt được bằng các thế hệ máy gia tốc hiện tại, khiến cho nhiều thành phố hiện đại trở nên bé nhỏ khi so với LHC. Chúng khổng lồ tới mức chỉ các công-xoóc-xi-om lớn của các quốc gia mới có thể cáng đáng nổi. Các ý tưởng và các nguyên tắc mới là cần thiết nếu chúng ta muốn vượt qua các rào cản mà các máy gia tốc thông thường đang đối mặt. Mục tiêu của các nhà vật lý hạt là tạo ra một máy gia tốc trên "mặt bàn" có thể tạo ra các chùm tia với hàng tỉ electron vôn năng lượng chỉ với một phần nhỏ kích thước và chi phí của các máy gia tốc thông thường.

Để hiểu vấn đề này, hãy tưởng tượng về một cuộc chạy tiếp sức, nơi các vận động viên được phân bổ xung quanh đường chạy có hình tròn rất lớn. Các vận động viên truyền tay nhau một cây gậy gỗ khi chạy xung quanh đường chạy. Bây giờ hãy tưởng tượng rằng mỗi lần gậy gỗ được truyền từ một vận động viên cho một vận động viên khác, các vận động viên nhận được một sự bổ sung thêm năng lượng, sao cho họ chạy nhanh hơn trong lần kế tiếp dọc theo đường chạy.

Điều này cũng tương tự như một máy gia tốc hạt, nơi gậy gỗ là một chùm các hạt hạ nguyên tử di chuyển xung quanh đường chạy hình tròn. Mỗi lần chùm tia chuyển từ một vận động viên tới một vận động viên khác, chùm tia được tiếp thêm năng lượng tần số vô tuyến (RF), khiến gia tốc ngày càng nhanh. Đây là cách mà các máy gia tốc hạt đã được xây dựng trong nửa thế kỷ vừa qua. Vấn đề với các máy gia tốc hạt thông thường là ở chỗ chúng ta đang vấp phải giới hạn của năng lượng RF có thể được sử dụng để chạy máy gia tốc.

Nhằm giải quyết vấn đề bực mình này, các nhà khoa học đang thử nghiệm các cách triệt để khác để tiếp thêm năng lượng vào chùm, chẳng hạn như dùng các chùm tia laser mạnh có công suất phát triển theo cấp số nhân. Một lợi thế của ánh sáng laser là tính "liên kết pha" của nó - nghĩa là, mọi sóng ánh sáng rung động hết sức đồng bộ để có thể tạo ra các chùm tia cực mạnh. Ngày nay, các chùm tia laser có thể sinh ra các chóp năng lượng công suất hàng nghìn tỉ oát (10^{12} oát) (teraoát) trong một thời gian ngắn. (Ngược lại, một nhà máy điện hạt nhân chỉ có thể sinh ra công suất một tỉ oát không đáng kể, nhưng ở mức ổn định.) Các máy phát laser hiện nay hoàn toàn có khả năng sinh ra tới một triệu tỉ oát (10^{15} oát) (hoặc một petaoát).

Các máy gia tốc laser làm việc theo nguyên lý sau đây. Ánh sáng laser đủ nóng để tạo ra khí plasma (một tập hợp các nguyên tử ion hóa) di chuyển trong các dao động dạng sóng ở các vận tốc cao, giống như sóng thủy triều. Sau đó, một chùm hạt hạ nguyên tử "lướt" theo lần sóng được sóng plasma này tạo ra. Bằng cách tiếp thêm nhiều năng lượng laser hơn, sóng plasma di chuyển với vận tốc nhanh hơn, nâng cao năng lượng của chùm hạt lướt trên nó. Gần đây, bằng cách bắn một tia laser 50 teraoát vào một mục tiêu rắn, các nhà khoa học tại Phòng thí nghiệm Rutherford Appleton ở Anh đã tạo ra một chùm proton xuất hiện từ mục tiêu mang tới 400 triệu electron vôn (MeV) năng lượng trong một chùm chuẩn trực. Tại Trường Bách khoa (École Polytechnique) Paris, các nhà vật lý đã tăng tốc các electron đến 200 MeV trên khoảng cách 1 mm.

Các máy gia tốc laser được tạo ra cho đến nay vẫn còn nhỏ và không thực sự mạnh. Nhưng lúc này ta hãy giả định rằng máy gia tốc này có thể được tăng cường sao cho nó hoạt động không chỉ trên 1 mm, mà là đủ 1 m. Khi đó, nó sẽ có thể tăng tốc các electron tới 200 giga electron vôn trên khoảng cách 1 m, hoàn thành mục tiêu của một máy gia tốc trên mặt bàn. Một sự kiện quan trọng khác đã đạt được trong năm 2001, khi các nhà vật lý tại SLAC (Trung tâm gia tốc tuyến tính Stanford) đã có thể tăng tốc các electron trên khoảng cách 1,4 m. Thay vì sử dụng một chùm tia laser, họ đã tạo ra một sóng plasma bằng cách "tiêm" thêm một chùm hạt tích điện. Mặc dù năng lượng thu được thấp, nhưng nó chứng minh rằng các sóng plasma có thể tăng tốc các hạt trên các khoảng cách 1 m.

Tiến bộ trong lĩnh vực nghiên cứu đầy hứa hẹn này cực kỳ nhanh chóng: năng lượng đạt được bằng các máy gia tốc này tăng lên 10 lần sau mỗi năm năm. Với tốc độ này, một máy gia gia tốc trên mặt bàn nguyên mẫu có thể ở trong tầm với của chúng ta. Nếu thành công, nó có thể làm cho LHC giống như con khủng long cuối cùng. Mặc dù đầy hứa hẹn, nhưng tất nhiên, vẫn còn nhiều rào cản mà một máy gia tốc trên mặt bàn như vậy đang đối mặt. Giống như một người lướt sóng "lộn nhào" khi lướt trên một con sóng biển luôn thay đổi, việc duy trì chùm tia sao cho nó lướt đúng cách trên sóng plasma rất khó khăn (rào cản này bao gồm sự tập trung chùm tia và duy trì sự ổn định cùng cường độ của nó). Nhưng dường như không rào cản nào trong số này là không thể vượt qua.

TƯƠNG LAI

Có một số cố gắng khó thành công trong việc chứng minh thuyết dây. Edward Witten hy vọng rằng, tại thời khắc vụ nổ lớn, vũ trụ đã dãn nở nhanh tới mức có lẽ một dây đã dãn nở cùng với nó, để lại một dây kích thước khổng lồ trôi dạt trong không gian. Ông suy tư: "Mặc dù hơi kỳ, nhưng đây là kịch bản xác nhận thuyết dây yêu thích của tôi, vì không gì có thể giải quyết vấn đề ấn tượng bằng việc nhìn thấy một dây trong một kính thiên văn."*

Brian Greene liệt kê năm ví dụ về các dữ liệu thực nghiệm có thể xác nhận thuyết dây hoặc ít nhất là tạo cho nó sự đáng tin:*

1. Khối lượng nhỏ xíu của hạt notrino ma quái khó nắm bắt có thể được xác định bằng thực nghiệm, và thuyết dây có thể giải thích nó.
2. Những vi phạm nhỏ ở Mô hình Chuẩn có thể được tìm thấy, đó là vi phạm vật lý hạt điểm, chẳng hạn như phân rã của các hạt hạ nguyên tử nhất định.
3. Các lực tầm xa mới (không phải lực hấp dẫn và lực điện từ) có thể được tìm thấy bằng thực nghiệm sẽ báo hiệu một sự lựa chọn một đa tạp Calabi-Yau nào đó.
4. Các hạt vật chất tối có thể được tìm thấy trong phòng thí nghiệm và được so sánh với các dự đoán của thuyết dây.
5. Thuyết dây có thể có khả năng tính toán lượng năng lượng tối trong vũ trụ.

Quan điểm của bản thân tôi là thuyết dây hoàn toàn có thể được xác minh bằng toán học thuần túy, chứ không phải từ thực nghiệm. Vì thuyết dây được cho là một thuyết vạn vật, nên nó phải là một thuyết của các năng lượng hằng ngày cũng như năng lượng vũ trụ. Vì vậy, nếu chúng ta cuối cùng có thể giải quyết trọn vẹn được thuyết này, chúng ta sẽ có thể tính toán các thuộc tính của những vật thể bình thường, chứ không chỉ của các vật thể kỳ dị trong khoảng không vũ trụ. Chẳng hạn, nếu thuyết dây có thể tính toán khối lượng của proton, notron và electron từ các nguyên lý đầu tiên, thì đây sẽ là một thành tựu có tầm quan trọng bậc nhất. Trong mọi mô hình vật lý (trừ thuyết dây), khối lượng của các hạt quen thuộc này được đưa vào bằng tay. Chúng ta không cần một máy LHC, theo nghĩa nào đó, để xác minh thuyết này, vì chúng ta đã biết khối lượng của khá nhiều hạt hạ nguyên tử, tất cả số đó đều sẽ được xác định bằng thuyết dây mà không cần các thông số có thể điều chỉnh được.

Như Einstein đã nói: "Tôi tin chắc rằng chúng ta có thể nhận thức ra các khái niệm và các quy luật bằng phương cách xây dựng thuần túy toán học... điều đó cung cấp chìa khóa cho sự hiểu biết về các hiện tượng tự nhiên. Kinh nghiệm có thể đề xuất các khái niệm toán học thích hợp, nhưng các khái niệm này dứt khoát không thể được rút ra từ nó... Do đó, theo nghĩa nhất định, tôi tin chắc là tư duy thuần túy có thể hiểu thấu thực tại, như những người cổ đại đã mơ ước."*

Nếu đúng, có lẽ thuyết M (hoặc bất kỳ thuyết nào cuối cùng dẫn chúng ta tới một thuyết hấp dẫn lượng tử) sẽ làm cho hành trình cuối cùng của mọi dạng sự sống có trí tuệ trong vũ trụ, cuộc đào thoát khỏi vũ trụ đang hấp hối của chúng ta tới một quê hương mới trong hàng triệu tỉ tỉ năm sau trở nên khả thi.

PHẦN BA

ĐÀO THOÁT VÀO SIÊU KHÔNG GIAN

CHƯƠNG MƯỜI

KẾT THÚC CỦA VẠN VẬT

> [Xem xét] quan điểm hiện nay được phần lớn các nhà vật lý duy trì, cụ thể là Mặt Trời với tất cả các hành tinh theo thời gian sẽ dần dần trở nên quá lạnh lẽo đối với sự sống, trừ phi có một vật thể lớn nào đó lao vào mặt trời và cho nó một đời sống mới - hãy tin, như tôi tin, rằng con người trong tương lai xa sẽ là một sinh vật hoàn hảo hơn rất nhiều so với nó hiện nay, thì thật khó chấp nhận quan niệm cho rằng nó và tất cả các giống có tri giác khác tất yếu phải chịu sự tuyệt diệt hoàn toàn sau một quá trình tiến bộ chậm chạp kéo dài như vậy.
>
> - Charles Darwin

Theo truyền thuyết Bắc Âu, ngày phán xét cuối cùng (Ragnarok), thời kỳ diệt vong của các vị thần, sẽ mang đến những biến động đại họa. Thế gian Giữa (Midgard) cũng như bầu trời sẽ bị mắc vào sự cùm chặt của sương giá lạnh thấu xương. Gió rét buốt, các trận bão tuyết mù mịt, các trận động đất điêu tàn, và nạn đói sẽ tràn qua mặt đất, khi rất nhiều đàn ông và đàn bà bỏ mạng trong sự bất lực. Ba mùa đông như vậy sẽ làm tê liệt thế gian, không có bất kỳ cứu trợ nào, trong khi những con sói đói khát ngốn sạch mặt trời và mặt trăng, nhận chìm vũ trụ vào tăm tối hoàn toàn. Các ngôi sao trên trời sẽ rơi rụng, Trái Đất sẽ rung chuyển, các ngọn núi sẽ đổ sụp. Các quái vật sẽ sổ lồng, khi vị thần của hỗn độn Loki thoát ra, làm chiến tranh, nhầm lẫn và bất hòa lan rộng trên vùng đất lạnh lẽo hoang vắng.

Odin, cha của các vị thần, sẽ tập hợp các chiến binh dũng cảm ở Valhalla chuẩn bị cho trận chiến cuối cùng. Sau cùng, khi từng vị thần ngã xuống, ác thần Surtur sẽ thở ra lửa và diêm sinh, làm bốc cháy một địa ngục khổng lồ để rồi nó sẽ nhấn chìm cả trời và đất. Khi toàn thể vũ trụ bị nhấn chìm trong ngọn lửa, mặt đất chìm xuống các đại dương, thì thời gian tự nó cũng ngừng lại.

Nhưng trong đám tro tàn ấy, một khởi đầu mới bắt đầu cựa quậy. Một mặt đất mới, không giống như mặt đất cũ, dần dần hiện lên trên mặt biển, khi các trái quả mới và những cây cối kỳ dị xuất hiện dồi dào từ vùng đất màu mỡ, khai sinh ra một loài người mới.

Truyền thuyết của người Viking về một vụ đóng băng khổng lồ tiếp sau là màn lửa và một trận chiến cuối cùng miêu tả một câu chuyện nghiệt ngã về ngày tận diệt của thế giới. Trong các thần thoại trên khắp thế giới, có thể tìm thấy các câu chuyện tương tự. Ngày tận thế kèm theo là các thảm họa khí hậu lớn, thường là một đám cháy lớn, các trận động đất, hoặc một trận bão tuyết, theo sau là trận chiến cuối cùng giữa thiện và ác. Nhưng ở đó cũng có một thông điệp của niềm hy vọng. Sự hồi sinh nổi lên từ đám tro tàn.

Các nhà khoa học, đang đối mặt với các định luật vật lý lạnh lùng, bây giờ phải đương đầu với các chủ đề tương tự. Các dữ liệu rành rành, chứ không phải thần thoại thì thầm quanh các đống lửa trại, đã chỉ đạo cách thức các nhà khoa học nhìn nhận kết thúc cuối cùng của vũ trụ. Các chủ đề tương tự có thể thắng thế trong thế giới khoa học. Trong số các lời giải cho các phương trình Einstein, chúng ta cũng thấy trước những tương lai giá lạnh rét mướt, hỏa hoạn, tai ương và một kết thúc của vũ trụ. Nhưng liệu sẽ có một sự tái sinh cuối cùng không?

Theo hình ảnh xuất hiện từ vệ tinh WMAP, một lực phản hấp dẫn bí ẩn đang gia tốc sự dãn nở của vũ trụ. Nếu nó vẫn tiếp tục trong hàng tỉ hay nghìn tỉ năm, vũ trụ chắc chắn sẽ tiến tới vụ đóng băng lớn tương tự như trận bão tuyết báo trước thời kỳ diệt vong của các vị thần, sự kết thúc của mọi sự sống như chúng ta biết. Lực phản hấp dẫn đang đẩy vũ trụ ra xa này tỉ lệ thuận với thể tích của vũ trụ. Vì vậy, vũ trụ càng trở nên lớn hơn thì lực phản hấp dẫn càng lớn hơn để đẩy các thiên hà ra xa, và làm tăng thể tích của vũ trụ. Cái vòng luẩn quẩn này lặp đi lặp lại vô cùng tận, cho đến khi vũ trụ nở rộng và phát triển nhanh chóng theo cấp số mũ.

Cuối cùng, điều này sẽ có nghĩa rằng 36 thiên hà trong cụm thiên hà địa phương sẽ hợp thành toàn thể vũ trụ có thể nhìn thấy được, vì hàng tỉ thiên hà lân cận đã vượt qua chân trời sự kiện của chúng ta. Với không gian giữa các thiên hà dãn nở nhanh hơn tốc độ ánh sáng, vũ trụ sẽ trở nên cô quạnh khủng khiếp. Nhiệt độ sẽ giảm mạnh, khi năng lượng còn lại bị trải ra ngày càng mỏng hơn trong không gian. Khi nhiệt độ rơi xuống tới gần độ không tuyệt đối, các loài có trí tuệ sẽ phải đối mặt với số phận cuối cùng của chúng: bị đóng băng đến chết.

BA ĐỊNH LUẬT NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Nếu cả thế giới là một sân khấu, như Shakespeare đã nói, thì cuối cùng phải có một hồi III. Trong hồi I, chúng ta đã có vụ nổ lớn và sự nổi lên của sự sống và ý thức trên Trái Đất. Trong hồi II, có lẽ chúng ta sẽ sống để thám hiểm các ngôi sao và các thiên hà. Cuối cùng, trong hồi III, chúng ta đối mặt với cái chết cuối cùng của vũ trụ trong vụ đóng băng lớn.

Cuối cùng, chúng ta thấy rằng kịch bản phải tuân theo các định luật nhiệt động lực học. Trong thế kỷ 19, các nhà vật lý đã phát biểu rõ ràng ba định luật nhiệt động lực học chi phối vật lý nhiệt và bắt đầu suy ngẫm về cái chết cuối cùng của vũ trụ. Năm 1854, nhà vật lý vĩ đại người Đức là Hermann von Helmholtz đã nhận ra rằng các định luật nhiệt động lực học có thể được áp dụng cho vũ trụ như một tổng thể, nghĩa là tất cả mọi thứ xung quanh chúng ta, bao gồm các ngôi sao và các thiên hà, cuối cùng sẽ phải chết.

Định luật một phát biểu rằng tổng lượng vật chất và năng lượng được bảo toàn.* Mặc dù năng lượng và vật chất có thể chuyển hóa qua lại (thông qua phương trình nổi tiếng của Einstein $E = mc^2$), nhưng tổng lượng vật chất và năng lượng không bao giờ có thể được tạo ra hoặc bị phá hủy.

Định luật hai là bí ẩn nhất và sâu sắc nhất. Nó phát biểu rằng tổng lượng entropy (hỗn độn hoặc rối loạn) trong vũ trụ luôn luôn tăng. Nói cách khác, mọi thứ cuối cùng phải già đi và suy kiệt. Cháy rừng, máy móc han gỉ, các đế quốc sụp đổ và cơ thể người trở nên lão hóa tương ứng với lượng entropy gia tăng trong vũ trụ. Chẳng hạn, rất dễ dàng đốt một mẩu giấy. Điều này thể hiện sự gia tăng ròng trong tổng hỗn độn. Tuy nhiên, không thể tái lắp ráp khói lại thành tờ giấy. (Entropy có thể được làm giảm xuống với việc bổ sung công cơ học, như trong một tủ lạnh, nhưng chỉ trong một vùng lân cận cục bộ nhỏ; entropy tổng cộng cho toàn bộ hệ thống - tủ lạnh cộng với tất cả những gì bao quanh nó - luôn luôn tăng.)

Arthur Eddington đã từng nói về định luật hai: "Định luật cho rằng entropy luôn tăng - định luật hai nhiệt động lực học - như tôi nghĩ, giữ vị trí tối cao trong số các quy luật của Tự nhiên... Nếu thuyết mà bạn tìm thấy trái ngược lại với định luật hai nhiệt động lực học, thì tôi có thể nói là bạn không có hy vọng; sẽ chẳng có gì cả ngoài sự sụp đổ trong sự ê chề nhất."*

(Thoạt nhìn, dường như sự tồn tại của các hình thức sự sống phức tạp trên Trái Đất vi phạm định luật hai. Thật đáng ngạc nhiên khi trong sự hỗn nguyên của Trái Đất thuở sơ khai đã nổi lên một sự đa dạng lạ thường của các hình thức sự sống phức tạp, thậm chí nuôi dưỡng cả trí tuệ và ý thức, làm giảm lượng entropy. Một số người đã coi điều huyền diệu này là ngụ ý bàn tay của một Đấng Sáng thế bao dung. Nhưng nhớ rằng sự sống được dẫn dắt bằng các quy luật tiến hóa tự nhiên, và tổng entropy vẫn tăng, vì năng lượng bổ sung thúc đẩy sự sống được Mặt Trời liên tục thêm vào. Nếu chúng ta gộp cả Mặt Trời và Trái Đất, thì tổng entropy vẫn tăng.)

Định luật ba phát biểu rằng không có thiết bị làm lạnh nào có thể đạt đến độ không tuyệt đối. Người ta có thể đạt tới nhiệt độ chỉ hơn độ không tuyệt đối một phần nhỏ độ, nhưng không bao giờ có thể đạt đến trạng thái chuyển động bằng không. (Nếu chúng ta kết hợp cả nguyên lý lượng tử, thì điều này ngụ ý rằng các phân tử sẽ luôn luôn có một lượng nhỏ năng lượng, vì năng lượng bằng không ngụ ý rằng chúng ta biết chính xác vị trí và vận tốc của mỗi phân tử, mà đây là điều vi phạm nguyên lý bất định.)

Nếu định luật hai được áp dụng cho toàn thể vũ trụ, nó có nghĩa rằng vũ trụ cuối cùng sẽ suy kiệt. Các ngôi sao sẽ cạn kiệt nhiên liệu hạt nhân của chúng, các thiên hà sẽ ngừng chiếu sáng bầu trời, và vũ trụ sẽ chỉ còn là một tập hợp không sự sống của các sao lùn, các sao notron và các lỗ đen chết chóc. Vũ trụ sẽ chìm vào tăm tối vĩnh cửu.

Một số nhà vũ trụ học đã cố gắng tránh "cái chết nhiệt" này bằng việc viện dẫn một vũ trụ dao động. Entropy sẽ tăng liên tục khi vũ trụ dãn nở và cuối cùng co lại. Nhưng sau vụ co lớn, entropy trong vũ trụ sẽ ra sao vẫn chưa được biết rõ. Một số người ấp ủ ý tưởng rằng có lẽ vũ trụ có thể đơn giản lặp lại chính nó một cách chính xác trong chu kỳ kế tiếp. Thực tế hơn sẽ là khả năng entropy được chuyển sang chu kỳ tiếp theo, có nghĩa là tuổi thọ của vũ trụ sẽ dần dần kéo dài cho mỗi chu kỳ. Nhưng bất kể người ta xem xét câu hỏi này như thế nào, một vũ trụ dao động, giống như các vũ trụ mở và đóng, cuối cùng sẽ dẫn đến sự tuyệt diệt của tất cả sự sống có trí tuệ.

VỤ CO LỚN

Một trong những nỗ lực đầu tiên nhằm áp dụng vật lý để giải thích cái chết của vũ trụ là bài báo viết năm 1969 của Tôn ông Martin Rees nhan đề "Sự suy sụp của vũ trụ: Một nghiên cứu về mạt thế."* Khi đó, giá trị của omega vẫn chưa được biết đến rộng rãi, nên ông đã giả định nó bằng hai, nghĩa là vũ trụ cuối cùng sẽ ngừng dãn nở và chết trong một vụ co lớn thay vì một vụ đóng băng lớn.

Ông đã tính toán rằng sự dãn nở của vũ trụ cuối cùng sẽ dừng lại, khi các thiên hà cách xa nhau gấp hai lần so với hiện nay, khi cuối cùng lực hấp dẫn thắng được sự dãn nở ban đầu của vũ trụ. Dịch chuyển đỏ chúng ta thấy trên bầu trời sẽ trở thành dịch chuyển xanh, khi các thiên hà bắt đầu phóng nhanh về phía chúng ta.

Trong kịch bản này, sau khoảng 50 tỉ năm nữa, các biến cố thảm họa sẽ diễn ra, báo hiệu sự giãy chết cuối cùng của vũ trụ. Một trăm triệu năm trước vụ co cuối cùng, các thiên hà trong vũ trụ, bao gồm cả Ngân Hà của chúng ta, sẽ bắt đầu va chạm với nhau và cuối cùng hợp nhất. Điều kỳ quặc là Rees đã phát hiện ra rằng các ngôi sao riêng lẻ sẽ tan rã, thậm chí trước cả khi chúng bắt đầu va vào nhau, vì hai lý do. Thứ nhất, bức xạ từ các ngôi sao khác trên bầu trời sẽ thu nhận được năng lượng khi vũ trụ co lại; vì thế, các ngôi sao sẽ tắm mình trong ánh sáng dịch chuyển xanh nóng bỏng của các ngôi sao khác. Thứ hai, nhiệt độ của bức xạ nền vi sóng sẽ gia tăng khủng khiếp khi nhiệt độ của vũ trụ tăng lên vùn vụt. Sự kết hợp của hai hiệu ứng này sẽ tạo ra các nhiệt độ vượt quá nhiệt độ bề mặt của các ngôi sao, làm cho chúng sẽ hấp thụ nhiệt nhanh hơn so với tỏa nhiệt. Nói cách khác, các ngôi sao có lẽ sẽ tan rã và tan tác trong các đám mây khí siêu nóng.

Sự sống có trí tuệ, trong các hoàn cảnh này, chắc chắn sẽ diệt vong, do bị khô héo đi vì nhiệt vũ trụ rót vào từ các ngôi sao và các thiên hà gần đó. Không có lối thoát. Như Freeman Dyson đã viết: "Thật đáng tiếc là tôi phải đồng tình rằng trong trường hợp này chúng ta không thoát khỏi bị chiên giòn. Dù có đào bới sâu thế nào đi nữa vào lòng đất để che chắn bản thân khỏi bức xạ nền dịch chuyển xanh, chúng ta chỉ có thể trì hoãn sự kết thúc khốn khổ của mình vài triệu năm."*

Nếu vũ trụ lao đầu vào một vụ co lớn, thì câu hỏi còn lại là liệu vũ trụ có thể suy sụp và sau đó nảy bật trở lại hay không, như trong một vũ trụ dao động. Đây là kịch bản được chấp nhận trong tiểu thuyết *Tau Zero* của Poul Anderson. Giả sử vũ trụ thuộc kiểu Newton, trường hợp này có thể xảy ra nếu có chuyển động lệch sang bên đủ mức khi các thiên hà bị nén vào nhau. Trong trường hợp này, các ngôi sao có thể không bị nén chặt thành một điểm duy nhất mà có thể đi chệch nhau, sau đó nảy bật trở lại mà không va chạm nhau.

Tuy nhiên, vũ trụ không phải là kiểu Newton, nó tuân theo các phương trình Einstein. Roger Penrose và Stephen Hawking đã chỉ ra rằng, trong các hoàn cảnh rất phổ biến, một tập hợp đang suy sụp của các thiên hà nhất thiết sẽ bị nén xuống thành một điểm kỳ dị. (Đó là do chuyển động lệch sang bên của các thiên hà chứa năng lượng và do đó tương tác với hấp dẫn. Vì thế, sức hút hấp dẫn trong thuyết Einstein lớn hơn nhiều sức hút trong thuyết Newton về các vũ trụ suy sụp, và vũ trụ suy sụp thành một điểm duy nhất.)

NĂM GIAI ĐOẠN CỦA VŨ TRỤ

Tuy nhiên, các dữ liệu gần đây từ vệ tinh WMAP lại thiên về vụ đóng băng lớn. Để phân tích lịch sử sự sống của vũ trụ, các nhà khoa học như Fred Adams và Greg Laughlin từ Đại học Michigan đã thử phân chia cuộc đời của vũ trụ thành năm trạng thái khác biệt. Vì chúng ta đang thảo luận các thang thời gian thiên văn có quy mô rất lớn, chúng ta sẽ áp dụng giá trị thời gian lôgarít. Như vậy, 10^{20} năm sẽ được thể hiện là 20. (Biểu thời gian này đã được thảo ra trước khi người ta đánh giá đầy đủ các hệ lụy của một vũ trụ tăng tốc. Nhưng sự phân chia tổng quát các giai đoạn của vũ trụ vẫn giữ nguyên.)

Câu hỏi ám ảnh chúng ta là: liệu sự sống có trí tuệ có thể sử dụng tài trí của mình để tồn tại trong hình thức nào đó qua các giai đoạn này, qua một loạt các thảm họa tự nhiên và thậm chí cả cái chết của vũ trụ hay không?

GIAI ĐOẠN 1: KỶ NGUYÊN KHỞI THỦY

Trong giai đoạn đầu tiên (giữa -50 và 5, hoặc giữa 10^{-50} và 10^{5} giây(1)), vũ trụ dãn nở nhanh chóng nhưng cũng nguội đi nhanh chóng. Khi nó nguội đi, các lực khác nhau, mà đã từng hợp nhất thành một "siêu lực" tổng thể, dần dần bị tách rời, sinh ra bốn lực quen thuộc ngày nay. Lực hấp dẫn rời ra đầu tiên, sau đó là lực hạt nhân mạnh, và cuối cùng là lực hạt nhân yếu. Lúc đầu, vũ trụ mờ đục và bầu trời có màu trắng, vì ánh sáng bị hấp thu ngay sau khi nó được tạo ra. Nhưng 380.000 năm sau vụ nổ lớn, vũ trụ đã nguội đủ để các nguyên tử hình thành mà không bị đập tan vì nhiệt quá cao. Bầu trời chuyển thành màu đen. Bức xạ nền vi sóng có từ thời kỳ này.

Trong kỷ nguyên này, hyđrô nguyên thủy hợp hạch thành hêli, tạo ra hỗn hợp nhiên liệu hiện tại trong các ngôi sao đã

---

1. Ở đây, tác giả trích dẫn cuốn *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (Năm thời đại của vũ trụ) của Fred Adams và Greg Laughlin, trong đó viết đúng như vậy (10^{5} giây = 100.000 giây = 27 giờ 46 phút 40 giây). Đúng ra về sau kỷ nguyên khởi thủy được điều chỉnh lại là bắt đầu từ thời gian Planck (10^{-43} giây) và kết thúc sau 10^{6} năm (1 triệu năm), tức $3,15 \times 10^{13}$ giây, vì 1 năm = $60 \times 60 \times 24 \times 365$ = 31.536.000 giây, hoặc 10^{5} năm (100.000 năm).

rải ra khắp vũ trụ. Tại giai đoạn tiến hóa này của vũ trụ, sự sống như chúng ta biết là không thể có. Nhiệt quá mãnh liệt; bất kỳ phân tử ADN nào hay các phân tử tự xúc tác khác đã được hình thành sẽ bị nổ tung ra xa do các va chạm ngẫu nhiên với các nguyên tử khác, làm cho các hóa chất ổn định của sự sống không thể tồn tại.

GIAI ĐOẠN 2: KỶ NGUYÊN PHỦ SAO

Ngày nay, chúng ta sống trong giai đoạn 2 (từ 6 đến 14, tức là từ 10^6 đến 10^{14} năm[1]), khi khí hyđrô bị nén và các ngôi sao đã phát cháy, chiếu sáng bầu trời. Trong kỷ nguyên này, chúng ta thấy các ngôi sao giàu hyđrô cháy sáng trong hàng tỉ năm cho đến khi cạn kiệt các nhiên liệu hạt nhân. Kính thiên văn không gian Hubble đã chụp ảnh các ngôi sao trong tất cả các giai đoạn tiến hóa, kể cả các ngôi sao trẻ được bao quanh bằng một đĩa bụi và mảnh vỡ xoáy tít, có lẽ là tiền thân của các hành tinh và một hệ Mặt Trời.

Trong giai đoạn này, các điều kiện là rất lý tưởng để tạo ra ADN và sự sống. Dựa vào số lượng khổng lồ các ngôi sao trong một vũ trụ có thể nhìn thấy được, các nhà thiên văn đã thử đưa ra các lập luận đáng tin cậy, dựa trên các định luật đã biết của khoa học, cho sự xuất hiện của sự sống có trí tuệ trên các hệ hành tinh khác. Nhưng bất kỳ hình thức sự sống có trí tuệ nào cũng sẽ phải đối mặt với một số trở ngại vũ trụ, mà phần nhiều trong số đó là do nó tự gây ra, chẳng hạn như ô nhiễm môi trường, ấm lên toàn cầu và các vũ khí hạt nhân. Giả sử rằng sự sống có trí tuệ đã không tự tiêu diệt chính nó, thì nó phải đối mặt với một loạt các thiên tai tự nhiên khắc nghiệt, mà bất kỳ một thiên tai nào trong số đó đều có thể kết thúc trong thảm họa.

Trên thang thời gian hàng vạn năm, có thể có một thời đại băng hà, tương tự như một thời kỳ đã chôn vùi Bắc Mỹ bên dưới lớp băng giá dày gần 1 dặm, làm cho nền văn minh của con người là không thể phát sinh. Một vạn năm trước đây, loài người đã sống như những bầy sói, tìm kiếm thức ăn trong các bộ lạc nhỏ tách biệt. Không có sự tích lũy kiến thức hay khoa học. Không có chữ viết. Con người lúc đó chỉ quan tâm tới một mục tiêu: sự sinh tồn. Sau đó, vì các lý do mà chúng ta vẫn chưa hiểu, thời đại băng hà đã kết thúc, và con người đã nổi lên nhanh chóng từ băng giá tới chỗ chinh phục các vì sao. Tuy nhiên, thời kỳ xen giữa băng hà ngắn ngủi này không thể kéo dài mãi mãi. Có lẽ trong 1 vạn năm tới, một thời đại băng hà khác sẽ che phủ phần lớn thế giới. Các nhà địa chất tin rằng hiệu ứng của các biến thiên nhỏ trong sự quay quanh trục của Trái Đất cuối cùng sẽ tích tụ lại, làm các dòng băng từ những chỏm băng chảy xuống các vĩ độ thấp hơn, che phủ Trái Đất trong băng giá. Lúc đó, chúng ta có thể phải sống dưới lòng đất để giữ ấm. Trái Đất đã từng có thời bị băng giá che phủ hoàn toàn. Điều này có thể xảy ra lần nữa.

---

[1] Chỗ này cũng viết nhầm là giây.

Trên thang thời gian hàng nghìn tới hàng triệu năm, chúng ta phải chuẩn bị đón nhận các va chạm của thiên thạch và sao chổi. Nhiều khả năng là một vụ thiên thạch hay sao chổi va chạm đã tiêu diệt khủng long 65 triệu năm trước. Các nhà khoa học tin rằng một vật thể ngoài Trái Đất, có lẽ có kích thước dưới 10 dặm (16 km), đã cày xới bán đảo Yucatan của Mexico, khoét một hố va chạm rộng 180 dặm (290 km) và bắn các mảnh vỡ vào bầu khí quyển, đủ để che lấp ánh Mặt Trời và làm Trái Đất tối sầm, khiến nhiệt độ lạnh giá tiêu diệt thảm thực vật và dạng sinh vật thống trị trên Trái Đất ở thời đó là khủng long. Chưa tới một năm, khủng long và phần lớn các loài trên Trái Đất đã bị diệt vong.

Đánh giá theo tỉ lệ các va chạm trong quá khứ, có xác suất 1/100.000 trong 50 năm tiếp theo sẽ xảy ra một vụ va chạm với một tiểu hành tinh gây ra thiệt hại quy mô toàn thế giới. Xác suất xảy ra một va chạm lớn hơn trên qua hàng triệu năm có thể tăng lên tới gần 100%.

(Ở phần phía trong của hệ Mặt Trời, nơi Trái Đất cư trú, có lẽ có từ 1.000 đến 1.500 tiểu hành tinh có kích thước từ 1 km trở lên, và 1 triệu tiểu hành tinh có kích thước từ 50 m trở lên. Các dữ liệu quan sát tiểu hành tinh đổ về Đài quan sát vật lý thiên văn Smithsonian ở Cambridge với mức độ khoảng 15.000 vụ việc mỗi ngày. May mắn là chỉ 42 tiểu hành tinh đã biết có xác suất nhỏ nhưng hữu hạn va chạm với Trái Đất. Trong quá khứ, đã từng có một số cảnh báo sai về các tiểu hành tinh này, nổi tiếng nhất là vụ tiểu hành tinh 1997XF11; các nhà thiên văn đã tuyên bố sai lầm rằng nó có thể va vào Trái Đất trong vòng 30 năm tới[1], làm rộ lên các dòng tít tin tức gây chú ý trên toàn thế giới. Nhưng bằng việc kiểm tra cẩn thận quỹ đạo của một tiểu hành tinh gọi là 1950DA, các nhà khoa học đã tính toán rằng chỉ có một xác suất nhỏ - nhưng không bằng 0 - là nó có thể va vào Trái Đất vào ngày 16 tháng 3 năm 2880. Các giả lập máy tính được thực hiện tại Đại học California ở Santa Cruz chỉ ra rằng, nếu tiểu hành tinh này va vào đại dương, nó sẽ tạo ra một con sóng thủy triều cao 400 foot (122 m), làm ngập lụt và tàn phá hầu hết các vùng duyên hải.*)

Trên thang hàng tỉ năm, chúng ta sẽ phải lo lắng về việc Mặt Trời nuốt chửng Trái Đất. Mặt Trời ngày nay đã nóng hơn 30% so với khi còn ở thuở khởi thủy của nó. Các nghiên cứu máy tính đã chỉ ra rằng, trong 3,5 tỉ năm tới, Mặt Trời sẽ sáng hơn ngày nay 40%, có nghĩa là Trái Đất sẽ dần dần nóng lên. Ban ngày, Mặt Trời sẽ xuất hiện ngày càng to lớn hơn, cho đến khi nó che lấp phần lớn bầu trời từ chân trời này đến chân trời kia. Trong ngắn hạn, các sinh vật sống, khi cố gắng trong tuyệt vọng để thoát khỏi cái nóng như thiêu như đốt của Mặt Trời, có thể buộc phải quay trở lại các đại dương, đi ngược lại tiến trình tiến hóa trên hành tinh này trước đây. Cuối cùng, bản thân các đại dương sẽ sôi lên ùng ục, làm cho sự sống như chúng ta biết trở nên không thể tồn tại. Trong khoảng 5 tỉ năm tới, lõi của Mặt Trời sẽ cạn kiệt nguồn cung cấp khí hyđrô và biến thành một sao kềnh đỏ. Một số sao kềnh đỏ lớn tới mức chúng có thể nuốt chửng sao Hỏa nếu chúng nằm tại vị trí của Mặt Trời chúng ta. Tuy nhiên, Mặt Trời có lẽ sẽ dãn nở chỉ tới kích thước của vòng quỹ đạo Trái Đất, nuốt chửng sao Thủy và sao Kim rồi làm tan chảy các dãy núi trên Trái Đất. Vì thế có lẽ Trái Đất của chúng ta sẽ chết trong biển lửa, hơn là trong biển băng, để lại một cục xỉ cháy hết quay xung quanh Mặt Trời.

---

[1] Được dự báo sai trong năm 1997 là tới cực gần Trái Đất vào tháng 10 năm 2028, nhưng các quan sát bổ sung cho thấy nó chỉ tới gần Trái Đất nhất ở khoảng cách 930.000 km vào ngày 26 tháng 10 năm 2028.

Một số nhà vật lý đã cho rằng trước khi điều này xảy ra, chúng ta sẽ có thể sử dụng công nghệ tiên tiến để di chuyển Trái Đất tới một quỹ đạo lớn hơn xung quanh Mặt Trời, nếu chúng ta vẫn chưa di cư từ Trái Đất tới các hành tinh khác trong những phi thuyền không gian khổng lồ. "Miễn là con người trở nên thông minh nhanh hơn so với tốc độ Mặt Trời trở nên sáng hơn, Trái Đất sẽ thịnh vượng," nhà thiên văn kiêm nhà văn là Ken Croswell nhận xét.*

Các nhà khoa học đã đề xuất một vài cách để di chuyển Trái Đất khỏi quỹ đạo hiện tại của nó xung quanh Mặt Trời. Một cách đơn giản có thể là cẩn thận chuyển hướng một loạt các tiểu hành tinh từ vành đai tiểu hành tinh sao cho chúng được lùa tập trung xung quanh Trái Đất. Hiệu ứng súng cao su này sẽ đẩy quỹ đạo Trái Đất thật mạnh, làm tăng khoảng cách giữa nó với Mặt Trời. Mỗi cú đẩy mạnh sẽ chỉ dịch chuyển Trái Đất một chút, nhưng ta sẽ có vô khối thời gian để chuyển hướng hàng trăm tiểu hành tinh nhằm thực hiện kỳ công này. "Trong một vài tỉ năm trước khi Mặt Trời phình lên thành một sao kềnh đỏ, con cháu chúng ta có thể giăng bẫy một ngôi sao bay ngang qua vào một quỹ đạo quanh Mặt Trời, sau đó chuyển dịch Trái Đất từ quỹ đạo quanh Mặt Trời vào một quỹ đạo quanh ngôi sao mới," Croswell bổ sung.*

Mặt Trời của chúng ta sẽ phải chịu một số phận khác với Trái Đất, nó sẽ chết trong biển băng, chứ không phải trong biển lửa. Cuối cùng, sau khi đốt cháy hết hêli trong 700 triệu năm làm một sao kềnh đỏ, Mặt Trời sẽ cạn kiệt phần lớn nhiên liệu hạt nhân của nó, và lực hấp dẫn sẽ nén nó thành một sao lùn trắng có kích thước cỡ như Trái Đất. Mặt Trời của chúng ta quá nhỏ nên không trải qua biến cố tai họa được mệnh danh là một sao siêu mới rồi chuyển thành một lỗ đen. Sau khi Mặt Trời biến thành một sao lùn trắng, cuối cùng nó sẽ nguội đi, do đó phát ra màu đỏ nhạt, rồi màu nâu và cuối cùng là màu đen. Nó sẽ trôi trong khoảng không trống rỗng của vũ trụ dưới dạng một cục tro hạt nhân chết. Tương lai của gần như tất cả các nguyên tử xung quanh chúng ta, kể cả bản thân các nguyên tử của cơ thể chúng ta và những người thân yêu, sẽ kết thúc trong một cục xỉ cháy hết quay quanh một sao lùn đen. Vì ngôi sao lùn này sẽ chỉ nặng bằng 0,55 lần khối lượng Mặt Trời, những gì còn lại của Trái Đất sẽ lắng đọng vào một quỹ đạo xa hơn quỹ đạo hiện thời khoảng 70%.*

Trên thang này, chúng ta thấy rằng sự nảy nở của động thực vật trên Trái Đất sẽ chỉ kéo dài 1 tỉ năm (và ngày nay chúng ta đang ở giữa chừng của kỷ nguyên hoàng kim này). "Mẹ Tự nhiên không có ý định làm cho chúng ta hạnh phúc,"* nhà thiên văn Donald Brownlee nói. So với tuổi thọ của toàn thể vũ trụ, thời kỳ cực thịnh của sự sống chỉ là một khoảnh khắc thời gian ngắn ngủi.

GIAI ĐOẠN 3: KỶ NGUYÊN SUY BIẾN

Trong giai đoạn 3 (từ 15 đến 39[1]), năng lượng của các ngôi sao trong vũ trụ cuối cùng sẽ cạn kiệt. Quá trình đốt cháy hyđrô và sau đó đến hêli tưởng như vĩnh cửu cuối cùng cũng phải ngừng lại, để lại phía sau các khối vật chất hạt nhân khổng lồ đã chết dưới dạng các sao lùn, sao notron và lỗ đen. Các ngôi sao trên trời không còn chiếu sáng; vũ trụ dần dần rơi vào tăm tối.

Nhiệt độ sẽ giảm đột ngột trong giai đoạn 3, khi các ngôi sao mất các nguồn năng lượng hạt nhân của chúng. Bất cứ hành tinh nào xoay xung quanh một ngôi sao chết sẽ đóng băng. Giả sử Trái Đất vẫn còn nguyên vẹn, thì những gì còn lại trên bề mặt của nó sẽ trở thành một lớp băng đông cứng, buộc các dạng sự sống thông minh phải tìm kiếm một quê hương mới.

Trong khi các ngôi sao kềnh chỉ sống vài triệu năm và các ngôi sao đốt hyđrô như Mặt Trời của chúng ta chỉ vài tỉ năm, thì các ngôi sao lùn đỏ nhỏ xíu có thể cháy hàng nghìn tỉ năm. Đây là lý do tại sao nỗ lực di chuyển quỹ đạo của Trái Đất tới xoay quanh một ngôi sao lùn đỏ về lý thuyết là rất có ý nghĩa. Ngôi sao hàng xóm gần Trái Đất nhất là Proxima(1) Centauri(2), một sao lùn đỏ chỉ cách Trái Đất 4,3 năm ánh sáng. Hàng xóm gần nhất của chúng ta nặng chỉ bằng 15% khối lượng của Mặt Trời và mờ hơn Mặt Trời 400 lần, do đó bất kỳ hành tinh nào quay xung quanh nó sẽ phải ở cực kỳ gần để tận dụng ánh sáng mờ nhạt của nó. Trái Đất sẽ phải quay trên quỹ đạo gần ngôi sao này hơn 20 lần so với quỹ đạo hiện nay của nó gần Mặt Trời để nhận được một lượng ánh sáng như nhận từ Mặt Trời. Nhưng được cái khi ở trên quỹ đạo xung quanh một sao lùn đỏ, một hành tinh sẽ có năng lượng để sống lâu hàng nghìn tỉ năm.

---

[1] Tính như thế sẽ có một khoảng thời gian không thuộc giai đoạn nào, nên có khi giai đoạn này được tính là từ 14 đến 20.

Cuối cùng, các ngôi sao duy nhất còn tiếp tục đốt nhiên liệu hạt nhân sẽ là các sao lùn đỏ. Tuy nhiên, sớm hay muộn thì ngay cả chúng rồi cũng sẽ tắt ngóm. Sau 100.000 tỉ năm, các sao lùn đỏ còn lại rốt cuộc cũng sẽ chết.

GIAI ĐOẠN 4: KỶ NGUYÊN LỖ ĐEN

Trong giai đoạn 4 (từ 40 đến 100), nguồn năng lượng duy nhất sẽ là sự bay hơi chậm chạp của năng lượng từ các lỗ đen. Jacob Bekenstein và Stephen Hawking chỉ ra rằng các lỗ đen không thực sự là đen; chúng thực sự tỏa ra một lượng năng lượng mờ nhạt, được gọi là sự bay hơi. (Trên thực tế, sự bay hơi lỗ đen này quá nhỏ để có thể quan sát bằng thực nghiệm, nhưng ở các thang thời gian dài thì quá trình bay hơi cuối cùng sẽ quyết định số phận của một lỗ đen.)

Các lỗ đen đang bay hơi có thể có các cuộc đời khác nhau. Một lỗ đen mini kích thước cỡ một proton có thể phát ra 10 tỉ oát năng lượng cho suốt cuộc đời của hệ Mặt Trời.* Một lỗ đen nặng bằng Mặt Trời sẽ bay hơi trong 10^{66} năm. Một lỗ đen nặng bằng một quần thiên hà sẽ bay hơi trong 10^{117} năm. Tuy nhiên, khi cuộc đời của một lỗ đen sắp hết, sau khi từ từ tiêu tán hết bức xạ, nó đột ngột phát nổ. Có thể là sự sống có trí tuệ, giống

---

1. Nguyên văn viết nhầm thành Promixa.

2. Tức Cận Tinh, thuộc chòm sao [Bán] Nhân Mã (Centaurus) ở bầu trời phương Nam.

như những người vô gia cư túm tụm cạnh các cụm than hồng trong đám lửa sắp tắt, sẽ tụ tập xung quanh sức nóng mờ nhạt phát ra từ các lỗ đen đang bay hơi để bòn mót một chút hơi ấm từ chúng, cho đến khi chúng bay hơi hết.

GIAI ĐOẠN 5: KỶ NGUYÊN TĂM TỐI

Trong giai đoạn 5 (trên 101(1)), chúng ta đi vào kỷ nguyên tăm tối của vũ trụ, khi tất cả các nguồn nhiệt cuối cùng cũng cạn kiệt. Trong giai đoạn này, vũ trụ trôi dạt chậm chạp về phía cái chết nhiệt cuối cùng, khi nhiệt độ tới gần độ không tuyệt đối. Tại thời điểm này, bản thân các nguyên tử gần như cũng dừng lại. Có lẽ ngay cả bản thân các proton sẽ phân rã, để lại một biển photon trôi dạt và món xúp loãng của các hạt tương tác yếu (các notrino, các electron và phản hạt của chúng là positron). Vũ trụ có thể bao gồm một kiểu "nguyên tử" mới gọi là positronium, hợp thành từ các electron và các positron quay xung quanh nhau.

Một số nhà vật lý đã suy đoán rằng các "nguyên tử" gồm các electron và các phản electron này có thể có khả năng tạo thành các "viên gạch xây dựng" mới cho sự sống có trí tuệ trong kỷ nguyên tăm tối này. Tuy nhiên, ý tưởng này gặp phải trở ngại ghê gớm. Một nguyên tử positronium về kích thước có thể so với một nguyên tử bình thường. Nhưng một nguyên tử positronium trong kỷ nguyên tăm tối sẽ có kích thước khoảng 10^{12} megaparsec(2), lớn hơn hàng triệu lần vũ trụ có thể quan sát được ngày nay. Vì vậy, trong kỷ nguyên tăm tối này, các "nguyên tử" có thể hình thành, nhưng chúng sẽ có kích thước của toàn thể vũ trụ. Vì vũ trụ trong kỷ nguyên tăm tối sẽ được dãn nở tới các khoảng cách rất lớn, nó sẽ dễ dàng có thể chứa các nguyên tử positronium khổng lồ này. Nhưng vì các nguyên tử positronium này quá lớn, có nghĩa rằng bất cứ hoạt động "hóa học" nào liên quan tới các "nguyên tử" này sẽ ở các thang thời gian khổng lồ hoàn toàn khác với bất kỳ điều

---

1. Có khi lấy từ 100 trở đi.

2. Một parsec khoảng 31.000 tỉ kilômét hay 3,26 năm ánh sáng. Khoảng cách đang đề cập xấp xỉ $3,1 \times 10^{31}$ km.

gì chúng ta từng biết.

Như nhà vũ trụ học Tony Rothman viết: "Và như thế, cuối cùng, sau 10^{117} năm, vũ trụ sẽ chỉ bao gồm vài electron và positron bị khóa trong các quỹ đạo nặng nề của chúng, các notrino và photon còn sót lại từ phân rã baryon, và các proton đi lạc còn lại từ sự hủy diệt positronium và các lỗ đen. Vì điều này cũng được viết trong cuốn *Book of Destiny* (Sách bói số phận)."*

SỰ SỐNG CÓ TRÍ TUỆ CÓ THỂ SỐNG SÓT?

Với các điều kiện cực kỳ u ám tìm thấy ở cuối vụ đóng băng lớn, các nhà khoa học đã tranh luận liệu có bất kỳ dạng sự sống có trí tuệ nào có khả năng sống sót hay không. Ban đầu, dường như thật vô nghĩa khi thảo luận về khả năng sống sót của sự sống có trí tuệ trong giai đoạn 5, khi nhiệt độ xuống tới gần độ không tuyệt đối. Tuy nhiên, đã thực sự có một cuộc tranh luận hăng say giữa các nhà vật lý về chủ đề này.

Cuộc tranh luận tập trung vào hai câu hỏi then chốt. Thứ nhất là: liệu các sinh vật có trí tuệ có thể vận hành các máy móc của họ khi nhiệt độ tới gần độ không tuyệt đối? Theo các định luật nhiệt động lực học, vì năng lượng chuyển từ một nhiệt độ cao hơn xuống tới một nhiệt độ thấp hơn nên chuyển dịch này được sử dụng để tạo ra công cơ học hữu ích. Chẳng hạn, công cơ học có thể thu được từ một động cơ nhiệt nối hai vùng ở các nhiệt độ khác nhau. Độ chênh lệch về nhiệt độ càng lớn thì hiệu suất của động cơ lại càng lớn. Đây là cơ sở chế tạo các máy móc trong cuộc Cách mạng Công nghiệp, chẳng hạn như động cơ hơi nước và đầu máy xe lửa. Thoạt nhìn, dường như không thể thu được bất kỳ công nào từ một động cơ nhiệt trong giai đoạn 5, vì mọi nhiệt độ sẽ là như nhau.

Câu hỏi thứ hai là: liệu một dạng sự sống có trí tuệ có thể trao đổi thông tin? Theo thuyết thông tin, đơn vị nhỏ nhất có thể gửi và nhận tỉ lệ thuận với nhiệt độ. Khi nhiệt độ xuống gần độ không tuyệt đối, khả năng xử lý thông tin cũng suy yếu nghiêm trọng. Các bit thông tin có thể truyền tải khi vũ trụ nguội đi sẽ phải ngày càng nhỏ hơn.

Nhà vật lý Freeman Dyson và những người khác đã tái phân tích vật lý của sinh vật có trí tuệ đối phó với môi trường trong một vũ trụ hấp hối. Họ đặt nghi vấn liệu có thể tìm ra các cách tài tình nào cho sinh vật có trí tuệ tồn tại ngay cả khi nhiệt độ xuống gần độ không tuyệt đối hay không?

Khi nhiệt độ bắt đầu xuống thấp trong khắp vũ trụ, trước hết các sinh vật có thể cố hạ thấp nhiệt độ cơ thể của chúng bằng cách sử dụng kỹ thuật di truyền. Bằng cách này, chúng có thể sử dụng nguồn cung cấp năng lượng đang yếu dần một cách hiệu quả hơn. Nhưng cuối cùng, nhiệt độ cơ thể sẽ đạt tới điểm đóng băng của nước. Đến lúc này, các sinh vật có trí tuệ có thể phải từ bỏ cơ thể mong manh tạo từ da thịt và máu để sống trong các cơ thể kiểu người máy. Các cơ thể người máy có thể chịu lạnh tốt hơn nhiều so với da thịt. Nhưng máy móc cũng phải tuân theo định luật của thuyết thông tin và nhiệt động lực học, nên sự sống sẽ vô cùng khó khăn, ngay cả đối với các người máy.

Ngay cả khi các sinh vật có trí tuệ từ bỏ các cơ thể kiểu người máy và biến bản thân mình thành ý thức thuần túy, thì vẫn còn vấn đề xử lý thông tin. Khi nhiệt độ tiếp tục hạ xuống, cách duy nhất để tồn tại sẽ là "tư duy" chậm hơn. Theo Dyson, một dạng sự sống tài tình vẫn có thể suy nghĩ trong một lượng thời gian vô hạn bằng cách trải rộng thời gian cần thiết để xử lý thông tin và cả bằng cách ngủ đông để bảo tồn năng lượng. Mặc dù thời gian tự nhiên cần thiết để suy nghĩ và xử lý thông tin có thể được trải rộng qua hàng tỉ năm, nhưng "thời gian chủ quan", được chính các sinh vật có trí tuệ đó cảm nhận, vẫn sẽ như nhau. Chúng sẽ không bao giờ nhận thấy sự khác biệt. Chúng vẫn sẽ có thể suy nghĩ các ý tưởng sâu sắc, nhưng chỉ trên thang thời gian chậm hơn vô cùng nhiều. Dyson kết luận, dựa trên một lưu ý kỳ lạ nhưng lạc quan, rằng theo kiểu này sự sống có trí tuệ sẽ có thể xử lý thông tin và "suy nghĩ" vô thời hạn. Xử lý một ý nghĩ đơn lẻ có thể mất hàng nghìn tỉ năm, nhưng đối với "thời gian chủ quan", quá trình tư duy sẽ tiếp diễn bình thường.

Nhưng nếu các sinh vật có trí tuệ suy nghĩ chậm hơn, có lẽ chúng có thể chứng kiến các chuyển tiếp lượng tử diễn ra trong vũ trụ. Thông thường, các chuyển tiếp vũ trụ như vậy, chẳng hạn như sự tạo ra các vũ trụ con hoặc sự chuyển tiếp tới một vũ trụ lượng tử khác, diễn ra trong hàng nghìn tỉ năm và vì thế chỉ là thuần túy lý thuyết. Tuy nhiên, trong giai đoạn 5, hàng nghìn tỉ năm trong "thời gian chủ quan" sẽ bị nén lại và có thể xuất hiện chỉ như một vài giây đối với các sinh vật này; chúng sẽ suy nghĩ quá chậm chạp tới mức chúng có thể thấy các sự kiện lượng tử kỳ quái xảy ra luôn luôn. Chúng có thể thường xuyên thấy các vũ trụ bong bóng xuất hiện từ hư không hoặc các bước nhảy lượng tử vào các vũ trụ thay thế.

Nhưng nhờ thành tựu của các khám phá gần đây về vũ trụ đang tăng tốc, các nhà vật lý đã kiểm chứng lại công trình của Dyson và lại làm bùng lên một cuộc tranh luận mới, dẫn tới các kết luận trái ngược - sự sống có trí tuệ nhất thiết sẽ diệt vong trong một vũ trụ đang tăng tốc. Hai nhà vật lý Lawrence Krauss và Glenn Starkman đã kết luận: "Hàng tỉ năm trước, vũ trụ quá nóng để sự sống có thể tồn tại. Trải qua vô số liên đại(1) kể từ đây, nó sẽ trở nên quá lạnh và trống rỗng tới mức sự sống, dù có tài tình thế nào đi nữa, vẫn sẽ bị diệt vong."*

Trong công trình gốc của Dyson, ông giả định rằng bức xạ vi sóng 2,7 độ trong vũ trụ sẽ tiếp tục hạ xuống vô hạn định, do đó các sinh vật có trí tuệ có thể rút ra công có ích từ các khác biệt nhiệt độ rất nhỏ này. Hễ nhiệt độ còn tiếp tục giảm, thì luôn luôn có thể rút ra được công có ích. Tuy nhiên, Krauss và Stackman chỉ ra rằng nếu vũ trụ có một hằng số vũ trụ, thì nhiệt độ sẽ không hạ xuống mãi mãi, như Dyson đã giả định, mà cuối cùng sẽ đạt tới một giới hạn thấp hơn, là nhiệt độ Gibbons-Hawking (khoảng 10^{-29} độ). Một khi đã đạt tới nhiệt độ này, nhiệt độ trong khắp vũ trụ sẽ như nhau, vì thế các sinh vật có trí tuệ sẽ không có khả năng rút ra năng lượng có ích bằng cách khai thác các khác biệt nhiệt độ. Một khi toàn thể vũ trụ đạt tới một nhiệt độ đồng nhất, mọi quá trình xử lý thông tin sẽ dừng lại.

---

1. Liên đại (eon) là đơn vị thời gian địa chất cao nhất. Hiện nay là liên đại Hiển Sinh (dài 541 triệu năm), trước đó là liên đại Nguyên Sinh (khoảng 2 tỉ năm) và xa xưa nhất là liên đại Thái Cổ (khoảng 1,3 tỉ năm). Liên đại được chia nhỏ thành đại (era), rồi kỷ (period) và thế (epoch).

(Trong thập niên 1980, người ta đã thấy rằng các hệ thống lượng tử nhất định, chẳng hạn như chuyển động Brown trong một chất lưu, có thể làm cơ sở cho một máy tính hoạt động, bất kể nhiệt độ bên ngoài lạnh như thế nào. Vì vậy, ngay cả khi nhiệt độ giảm xuống rất sâu, các máy tính này vẫn có thể tính toán bằng cách sử dụng ngày càng ít năng lượng hơn. Điều này là tin tốt với Dyson. Nhưng có một trở ngại tiềm ẩn. Hệ thống phải thỏa mãn hai điều kiện: nó phải ở trạng thái cân bằng với môi trường chứa nó, và không bao giờ loại bỏ thông tin. Nhưng nếu vũ trụ dãn nở, trạng thái cân bằng là không thể, vì bức xạ sẽ yếu đi và bước sóng bị kéo dài. Một vũ trụ đang tăng tốc thay đổi quá nhanh khiến hệ thống này khó có thể đạt được trạng thái cân bằng. Còn yêu cầu thứ hai, là nó không bao giờ loại bỏ thông tin, có nghĩa là một sinh vật có trí tuệ không bao giờ được quên. Rốt cuộc, một sinh vật có trí tuệ không thể loại bỏ những kỷ niệm cũ, sẽ thấy bản thân nó cứ luôn sống đi sống lại với chúng. "Sự trường tồn sẽ giống như một nhà tù, hơn là một chân trời sáng tạo và thám hiểm vô cùng tận cứ lùi dần. Nó có thể là niết bàn, nhưng có phải nó vẫn đang sống?"* Krauss và Starkman đặt câu hỏi.)

Nói tóm lại, chúng ta thấy rằng nếu hằng số vũ trụ là gần bằng không, sự sống có trí tuệ có thể "suy nghĩ" vô hạn định khi vũ trụ nguội đi bằng cách ngủ đông và tư duy chậm hơn. Nhưng trong một vũ trụ đang tăng tốc như của chúng ta thì điều này là không thể. Mọi sự sống có trí tuệ phải chịu số phận diệt vong, theo các định luật của vật lý.

Từ cao điểm lợi thế này của viễn cảnh vũ trụ, chúng ta thấy rằng các điều kiện cho sự sống như chúng ta biết chỉ là một tình tiết thoáng qua trong một tấm thảm thêu lớn hơn nhiều. Chỉ có một cửa sổ nhỏ, nơi nhiệt độ "vừa đủ" để hỗ trợ sự sống, không quá nóng mà cũng không quá lạnh.

RỜI BỎ VŨ TRỤ

Cái chết có thể được định nghĩa là sự ngưng hoạt của mọi quá trình xử lý thông tin. Bất kỳ loài có trí tuệ nào trong vũ trụ, khi nó bắt đầu hiểu được các định luật nền tảng của vật lý, sẽ buộc phải đối mặt với cái chết tối hậu của vũ trụ cũng như của bất cứ sinh vật nào mà nó chứa.

Thật may mắn, vẫn còn nhiều thời gian để thu thập năng lượng cho một chuyến hành trình, và cũng có các lựa chọn khác, như chúng ta sẽ thấy trong chương kế tiếp. Câu hỏi chúng ta sẽ tìm hiểu là: các định luật vật lý có cho phép chúng ta đào thoát vào một vũ trụ song song hay không?

CHƯƠNG MƯỜI MỘT

ĐÀO THOÁT KHỎI VŨ TRỤ NÀY

> Không thể phân biệt được bất kỳ một công nghệ đủ tiên tiến nào với phép màu.
>
> - Arthur C. Clarke

Trong tiểu thuyết *Eon* (Liên đại), tác giả truyện khoa học viễn tưởng Greg Bear viết ra một câu chuyện bi thảm về cuộc chạy trốn khỏi một thế giới bị tàn phá tới một vũ trụ song song. Một tiểu hành tinh khổng lồ đầy đe dọa từ không gian vũ trụ đã tới gần Trái Đất, gây hoảng hốt và cuồng loạn cho đại chúng. Tuy nhiên, đáng lẽ đâm vào Trái Đất, nó lại dừng lại một cách kỳ lạ trên một quỹ đạo xung quanh hành tinh này. Các nhóm nhà khoa học được đưa vào không gian để điều tra. Tuy nhiên, thay vì tìm thấy một bề mặt tan hoang không sự sống, họ thấy rằng tiểu hành tinh này thực sự trống rỗng; nó là một con tàu vũ trụ rất lớn bị một loài sinh vật có công nghệ vượt trội bỏ rơi. Bên trong tàu vũ trụ bị bỏ hoang, nữ nhân vật của tác phẩm, một nhà vật lý lý thuyết có tên là Patricia Vasquez, thấy bảy căn phòng rộng lớn là lối vào các thế giới khác nhau, với ao hồ, rừng, cây cối và thậm chí cả các thành phố trọn vẹn. Tiếp theo, cô tình cờ thấy các thư viện lớn chứa đầy đủ lịch sử của những người xa lạ này.

Cô nhặt một cuốn sách cũ lên, cuốn *Tom Sawyer* của Mark Twain, nhưng được tái bản vào năm 2110. Cô nhận ra rằng tiểu hành tinh này hoàn toàn không phải đến từ một nền văn minh xa lạ, mà đến từ chính Trái Đất, 1.300 năm tới. Cô nhận ra sự thật kinh hoàng: các hồ sơ cũ này nói về một cuộc chiến tranh hạt nhân cổ đại đã nổ ra trong quá khứ xa xăm, giết chết hàng tỉ người, gây ra một mùa đông hạt nhân khiến hàng tỉ người nữa bỏ mạng. Khi xác định ngày tháng của cuộc chiến tranh hạt nhân này, cô bàng hoàng khi thấy rằng nó chỉ còn cách hai tuần nữa! Cô bất lực trong việc ngăn chặn cuộc chiến tranh không thể tránh khỏi sẽ nhanh chóng phá hủy toàn bộ hành tinh, giết chết những người thân yêu của cô.

Thật kỳ lạ, cô tìm được tiểu sử cá nhân mình trong đống hồ sơ cũ này, và thấy rằng nghiên cứu trong tương lai của cô về không-thời gian sẽ tạo nền tảng xây dựng một đường hầm rộng lớn trong tiểu hành tinh này, được gọi là Con đường, sẽ cho phép con người rời khỏi tiểu hành tinh và tiến vào các vũ trụ khác. Các thuyết của cô đã chứng minh rằng có vô số vũ trụ lượng tử, tương ứng với mọi thực tại có thể. Hơn nữa, các thuyết của cô đã giúp xây nên các cửa ngõ nằm dọc theo Con đường để tiến vào các vũ trụ, với mỗi vũ trụ có một lịch sử khác nhau. Cuối cùng, cô bước vào đường hầm, đi xuống Con đường, và gặp những người đã chạy trốn trong tiểu hành tinh, là các con cháu của cô.

Đó là một thế giới kỳ lạ. Hàng thế kỷ trước, người ta đã hoàn toàn từ bỏ hình dạng con người và giờ mang các hình dạng và thân thể khác nhau. Ngay cả ký ức và tính cách của những người chết đã lâu cũng được lưu giữ trong các ngân hàng máy tính và có thể được tái tạo lại cuộc sống. Chúng có thể được hồi sinh và truyền vào các cơ thể mới. Các bộ phận cấy ghép đặt trong cơ thể họ cho họ quyền truy cập thông tin gần như vô hạn. Cho dù những người này có thể có gần như bất cứ điều gì họ muốn, nhưng nữ nhân vật của chúng ta đã đau khổ và cô đơn trong thiên đường công nghệ này. Cô nhớ gia đình, bạn trai và Trái Đất của mình, tất cả đều đã bị phá hủy trong cuộc chiến tranh hạt nhân. Sau đó cô được phép xem lướt qua nhiều vũ trụ nằm dọc theo Con đường để tìm một Trái Đất song song mà trong đó chiến tranh hạt nhân đã được ngăn chặn và những người thân của cô vẫn còn sống. Cuối cùng cô đã tìm thấy một Trái Đất như vậy và nhảy vào đó. (Thật không may, cô phạm một lỗi toán học nhỏ; và tới một vũ trụ mà trong đó Đế quốc Ai Cập tồn tại mãi mãi. Cô dành phần đời còn lại để cố gắng rời khỏi Trái Đất song song này và tìm về quê nhà thật sự của mình.)

Mặc dù các cửa ngõ đa chiều thảo luận trong cuốn *Eon* hoàn toàn là hư cấu, nó nêu lên một câu hỏi thú vị liên quan đến chúng ta: liệu có thể tìm thấy nơi ẩn náu trong một vũ trụ song song nếu các điều kiện sống trong vũ trụ của chính chúng ta trở nên quá khắc nhiệt?

Sự tan rã cuối cùng của vũ trụ thành một màn sương mờ không sự sống của các electron, các notrino và các photon dường như báo trước ngày tận số cuối cùng của mọi dạng sự sống có trí tuệ. Trên quy mô vũ trụ, chúng ta mới thấy sự sống mỏng manh và ngắn ngủi như thế nào. Kỷ nguyên khi sự sống có thể thịnh vượng tập trung trong một dải rất hẹp, một khoảnh khắc thoáng qua trong cuộc đời của các ngôi sao chiếu sáng bầu trời đêm. Dường như sự sống không thể tiếp tục khi vũ trụ già cỗi và nguội đi. Các định luật vật lý và nhiệt động lực học rất rõ ràng: nếu vũ trụ tiếp tục dãn nở tăng tốc trong chế độ tản ra xa, trí tuệ như chúng ta biết rốt cuộc không thể tồn tại. Nhưng khi nhiệt độ của vũ trụ tiếp tục giảm qua các liên đại, liệu một nền văn minh tiên tiến có thể cố gắng tự cứu chính nó? Bằng cách tổng động viên mọi công nghệ của nó, và công nghệ của bất kỳ nền văn minh nào khác có thể tồn tại trong vũ trụ, liệu nó có thể thoát khỏi vụ đóng băng lớn?

Vì tốc độ tiến triển của các giai đoạn vũ trụ được đo bằng hàng tỉ tới hàng nghìn tỉ năm, nên có vô khối thời gian cho một nền văn minh tài giỏi, siêng năng cố gắng giải quyết các thách thức này. Mặc dù tưởng tượng về các dạng công nghệ mà một nền văn minh tiên tiến có thể nghĩ ra để kéo dài sự tồn tại của nó chỉ mang tính suy đoán thuần túy, nhưng người ta có thể sử dụng các định luật vật lý đã biết để thảo luận các lựa chọn chính có thể có sẵn đối với họ sau hàng tỉ năm nữa. Vật lý không thể chỉ ra cho chúng ta các kế hoạch cụ thể để một nền văn minh tiên tiến có thể áp dụng, nhưng nó có thể cho chúng ta biết phạm vi các tham số cho một cuộc đào thoát như vậy.

Đối với một kỹ sư, trở ngại chính của việc rời bỏ vũ trụ là liệu chúng ta có đủ các nguồn lực xây dựng một cỗ máy có thể thực hiện một kỳ công gian nan như vậy hay không. Nhưng đối với một nhà vật lý, trở ngại lại khác hẳn: liệu các định luật vật lý có thực sự cho phép các cỗ máy này tồn tại hay không. Các nhà vật lý muốn có một "bằng chứng nguyên tắc" - chúng tôi muốn chỉ ra rằng, nếu bạn đã có công nghệ đủ tiên tiến, một cuộc đào thoát vào vũ trụ khác phù hợp với các định luật vật lý là hoàn toàn khả thi. Chúng ta có đủ các nguồn lực hay không chỉ là một tiểu tiết thực tiễn dành cho các nền văn minh sau hàng tỉ năm nữa giải quyết khi đối mặt với vụ đóng băng lớn.

Theo Tôn ông Martin Rees, thì "các lỗ giun, các chiều bổ sung và các máy tính lượng tử mở ra các kịch bản suy đoán rốt cuộc có thể biến đổi toàn bộ vũ trụ của chúng ta thành một 'vũ trụ sống'".*

CÁC NỀN VĂN MINH KIỂU I, II VÀ III

Để hiểu được công nghệ của các nền văn minh từ hàng nghìn đến hàng triệu năm sau nền văn minh của chúng ta, các nhà vật lý đôi khi phân loại các nền văn minh tùy thuộc vào mức tiêu thụ năng lượng và các định luật nhiệt động lực học của chúng. Khi quét qua bầu trời để tìm các dấu hiệu của sự sống có trí tuệ, các nhà vật lý không tìm những người màu xanh nhỏ bé(1) mà tìm kiếm nền văn minh tương ứng với mức năng lượng của các nền văn minh kiểu I, II và III. Cách xếp hạng này được nhà vật lý người Nga Nikolai Kardashev giới thiệu trong thập niên 1960 để phân loại các tín hiệu vô tuyến từ các nền văn minh có thể có trong khoảng không vũ trụ. Mỗi kiểu nền văn minh phát ra một hình thức bức xạ đặc trưng có thể được đo đạc và lập danh mục. (Ngay cả một nền văn minh tiên tiến cố gắng che giấu sự hiện diện của nó cũng có thể bị các thiết bị của chúng ta phát hiện. Theo định luật hai nhiệt động lực học, bất kỳ nền văn minh tiên tiến nào cũng tạo ra entropy dưới dạng nhiệt thải, thứ chắc chắn sẽ trôi dạt vào khoảng không vũ trụ. Cho dù có cố gắng che giấu sự hiện diện của mình, họ không thể giấu giếm ánh sáng mờ nhạt do entropy của họ tạo ra).

Nền văn minh kiểu I là nền văn minh chinh phục các dạng

---

1. Chỉ người ngoài hành tinh, được miêu tả là các sinh vật giống như người, có nước da màu xanh và/hoặc có ăng ten trên đầu.

năng lượng hành tinh. Mức tiêu thụ năng lượng của họ có thể được đo đạc chính xác: theo định nghĩa, họ có thể sử dụng toàn bộ lượng năng lượng Mặt Trời chiếu xuống hành tinh của họ, cỡ 1.016 oát. Với năng lượng hành tinh mức này, họ có thể kiểm soát hay thay đổi thời tiết, thay đổi đường đi của các cơn bão, hoặc xây dựng các thành phố trên đại dương. Các nền văn minh như vậy là các chủ nhân thật sự hành tinh của họ và đã tạo ra một nền văn minh hành tinh.

Nền văn minh kiểu II đã tiêu thụ cạn kiệt năng lượng của một hành tinh đơn lẻ và khai thác năng lượng của toàn bộ một ngôi sao, có công suất khoảng 10^{26} oát. Họ có thể tiêu thụ toàn bộ mức năng lượng từ ngôi sao của họ và có thể kiểm soát hiệu quả các vết bùng sáng của Mặt Trời và rồi làm cháy các ngôi sao khác.

Một nền văn minh kiểu III dùng cạn kiệt năng lượng của một hệ Mặt Trời đơn lẻ và đã "thuộc địa hóa" phần lớn thiên hà quê hương của nó. Một nền văn minh như vậy có thể sử dụng năng lượng từ 10 tỉ ngôi sao, công suất cỡ khoảng 10^{36} oát.

Mỗi kiểu nền văn minh khác với kiểu thấp hơn sát nó một hệ số 10 tỉ. Nghĩa là, một nền văn minh kiểu III, khai thác năng lượng của hàng tỉ hệ thống sao, có thể tiêu thụ gấp 10 tỉ lần sản lượng năng lượng của một nền văn minh kiểu II, và kiểu II lại khai thác gấp 10 tỉ lần sản lượng của một nền văn minh kiểu I. Mặc dù khoảng cách giữa các nền văn minh này vô cùng lớn, nhưng có thể ước tính được thời gian cần có để đạt được một nền văn minh kiểu III. Giả định rằng một nền văn minh phát triển với tốc độ khiêm tốn là 2% tới 3% trong sản lượng năng lượng của nó mỗi năm. (Đây là một giả định đáng tin cậy, vì tăng trưởng kinh tế, điều có thể được tính toán hợp lý, có liên quan trực tiếp đến mức tiêu thụ năng lượng. Quy mô nền kinh tế càng lớn thì nhu cầu năng lượng lại càng nhiều. Vì tăng trưởng của tổng sản phẩm quốc nội, hay GDP, của nhiều quốc gia nằm trong phạm vi 1% tới 2% mỗi năm, nên mức tiêu thụ năng lượng của nó hoàn toàn cũng có thể tăng với tốc độ xấp xỉ như vậy.)

Với tốc độ khiêm tốn này, chúng ta có thể ước đoán nền văn minh hiện nay của chúng ta còn cách nền văn minh kiểu I

100 tới 200 năm. Chúng ta sẽ mất khoảng 1.000 đến 5.000 năm để đạt được địa vị kiểu II, và có lẽ 100.000 đến 1.000.000 năm để đạt được địa vị kiểu III. Trên thang chia như vậy, nền văn minh của chúng ta ngày nay có thể được phân loại là nền văn minh kiểu 0, vì chúng ta thu nhận năng lượng từ các thực vật chết (dầu mỏ và than đá). Ngay cả việc kiểm soát một cơn bão, hiện tượng tự nhiên có thể giải phóng năng lượng cỡ hàng trăm vũ khí hạt nhân, cũng vượt xa công nghệ của chúng ta.

Để miêu tả nền văn minh hiện nay của chúng ta, nhà thiên văn Carl Sagan đã chủ trương tạo ra thang chia chi tiết hơn giữa các kiểu văn minh. Các nền văn minh kiểu I, II và III, như chúng ta đã thấy, sản sinh ra năng lượng tương ứng công suất khoảng 10^{16}, 10^{26} và 10^{36} oát. Chẳng hạn, Sagan đã giới thiệu nền văn minh kiểu I.1, tạo ra công suất 10^{17} oát, nền văn minh kiểu I.2, phát ra công suất 10^{18} oát, v.v. Bằng cách phân chia mỗi kiểu I thành mười phân kiểu nhỏ hơn, chúng ta có thể bắt đầu phân loại nền văn minh của chính chúng ta. Trên thang này, rất có thể nền văn minh hiện nay của chúng ta là một nền văn minh kiểu 0,7 - rất gần với nền văn minh hành tinh thật sự. (Một nền văn minh kiểu 0,7 vẫn còn nhỏ hơn một nền văn minh kiểu I đến 1.000 lần, khi xét theo năng lượng sản sinh.)

Mặc dù nền văn minh của chúng ta vẫn còn khá thô sơ, chúng ta đã nhìn thấy các dấu hiệu của một quá trình chuyển đổi đang diễn ra. Khi theo dõi các bản tin chính, tôi luôn thấy các phát triển lịch sử này. Trên thực tế, tôi cảm thấy mình được hưởng ưu tiên sống để chứng kiến nó:

- Internet là một hệ thống điện thoại kiểu I đang phát triển. Nó có khả năng trở thành cơ sở của một mạng liên lạc viễn thông liên hành tinh phổ biến.
- Nền kinh tế của xã hội kiểu I sẽ không phải do các quốc gia, mà là do các khối thương mại lớn chi phối, tương tự như Liên minh châu Âu, bản thân nó được hình thành do sự cạnh tranh từ NAFTA (các nước Bắc Mỹ).
- Ngôn ngữ xã hội kiểu I của chúng ta có lẽ sẽ là tiếng Anh, hiện đang là ngôn ngữ chi phối đông thứ hai trên

Trái Đất. Tại nhiều quốc gia đang phát triển ngày nay, các tầng lớp trên và những người có trình độ đại học có xu hướng nói bằng cả tiếng Anh lẫn ngôn ngữ bản địa. Toàn thể dân cư của một nền văn minh kiểu I có thể nói song ngữ theo kiểu này, bằng cả ngôn ngữ bản địa lẫn ngôn ngữ hành tinh.*

- Các quốc gia, mặc dù có lẽ sẽ tồn tại theo hình thức nào đó trong nhiều thế kỷ tới, nhưng sẽ trở nên ít quan trọng, khi các rào cản thương mại bị bãi bỏ và khi thế giới trở nên phụ thuộc lẫn nhau về mặt kinh tế nhiều hơn. (Một phần nào đó, các quốc gia hiện đại ban đầu từng được tạo dựng bởi các nhà tư bản và những người muốn có một loại tiền tệ, biên giới, thuế quan, và bộ luật thống nhất để phát triển kinh doanh. Khi hoạt động kinh doanh được quốc tế hóa hơn, các biên giới quốc gia sẽ không còn mấy ý nghĩa.) Không có quốc gia đơn lẻ nào đủ mạnh để ngăn chặn tiến trình vươn tới một nền văn minh kiểu I.
- Các cuộc chiến tranh có lẽ sẽ luôn luôn song hành với chúng ta, nhưng bản chất của nó sẽ thay đổi với sự nổi lên của một tầng lớp trung lưu hành tinh quan tâm tới du lịch và tích lũy tài sản cùng các nguồn lực nhiều hơn là khuất phục những người khác và kiểm soát các thị trường hoặc các khu vực địa lý.
- Vấn đề ô nhiễm sẽ ngày càng được giải quyết trên quy mô hành tinh. Các khí nhà kính, mưa axit, cháy các rừng mưa nhiệt đới, và mối lưu tâm tới chúng không còn bó hẹp trong ranh giới quốc gia, và các quốc gia láng giềng sẽ tạo áp lực để đối tượng vi phạm sửa đổi việc làm của họ. Các vấn đề môi trường toàn cầu sẽ giúp đẩy nhanh các giải pháp toàn cầu.
- Vì các nguồn tài nguyên (như các vụ thu hoạch cá, các vụ thu hoạch ngũ cốc, các nguồn tài nguyên nước) dần giảm xuống do gieo trồng thái quá và tiêu thụ thái quá, sẽ gia tăng áp lực phải quản lý các nguồn tài nguyên của chúng ta trên quy mô toàn cầu hoặc không sẽ phải

đối mặt với nạn đói và sự sụp đổ.

- Thông tin sẽ gần như là tự do, khuyến khích xã hội trở nên dân chủ hơn, cho phép những người bị tước quyền bầu cử giành được tiếng nói mới gây áp lực với các chế độ độc tài.

Các sức mạnh này nằm ngoài tầm kiểm soát của bất cứ cá nhân hoặc quốc gia riêng lẻ nào. Internet không thể bị cấm. Trên thực tế, bất kỳ động thái nào như vậy sẽ bị cười nhạo hơn là khiếp sợ, vì Internet là con đường dẫn tới sự thịnh vượng kinh tế và khoa học cũng như văn hóa và giải trí.

Nhưng sự chuyển đổi từ kiểu 0 đến kiểu I cũng là nguy hiểm nhất, vì chúng ta vẫn biểu lộ sự tàn bạo điển hình của nguồn gốc từ rừng núi của chúng ta. Theo nghĩa nào đó, sự tiến bộ của nền văn minh của chúng ta là cuộc chạy đua với thời gian. Một mặt, cuộc diễu hành về phía văn minh hành tinh kiểu I có thể hứa hẹn cho chúng ta một kỷ nguyên hòa bình và thịnh vượng vô song. Mặt khác, các sức mạnh của entropy (hiệu ứng nhà kính, ô nhiễm, chiến tranh hạt nhân, trào lưu tôn giáo chính thống, bệnh tật) cũng có thể chia rẽ chúng ta. Martin Rees nhận thấy rằng các mối đe dọa này, cũng như các mối đe dọa do khủng bố, các mầm bệnh công nghệ sinh học và các ác mộng công nghệ khác, là các thách thức lớn nhất mà nhân loại đang phải đối mặt. Ông cũng nghiêm túc chỉ cho chúng ta cơ hội năm ăn năm thua để vượt qua thách thức này.

Đây có thể là một trong những lý do chúng ta không thấy các nền văn minh ngoài trái đất trong không gian. Nếu họ quả thật tồn tại, có lẽ họ văn minh đến mức không mấy hứng thú với xã hội kiểu 0,7 nguyên thủy của chúng ta. Ngoài ra, có lẽ họ đã bị chiến tranh tàn phá hoặc bị diệt vong do ô nhiễm môi trường khi cố phấn đấu để đạt tới địa vị kiểu I. (Theo ý nghĩa này, thế hệ đang sống hiện nay có thể là một trong những thế hệ quan trọng nhất từ trước đến nay bước đi trên bề mặt Trái Đất, quyết định liệu chúng ta thực hiện cuộc chuyển đổi an toàn sang nền văn minh kiểu I hay không.)

Nhưng như Friedrich Nietzsche đã nói, những gì không giết nổi chúng ta làm cho chúng ta mạnh mẽ hơn. Quá trình chuyển đổi đau đớn từ kiểu 0 đến kiểu I của chúng ta chắc chắn sẽ là một thử thách khắc nghiệt, với một số các cuộc thoát hiểm đầy bi thương. Nếu có thể vượt qua thách thức này, chúng ta sẽ mạnh mẽ hơn, giống như cách mà người ta tôi rèn thép nung chảy để làm nó dẻo dai hơn.

NỀN VĂN MINH KIỂU I

Khi một nền văn minh đạt tới địa vị kiểu I, chắc chắn nó không thể ngay lập tức vươn tới các vì sao, mà nhiều khả năng nó sẽ ở lại trên hành tinh quê hương trong nhiều thế kỷ, đủ dài để giải quyết các cảm xúc dân tộc chủ nghĩa, tôn giáo nguyên gốc, chủng tộc và phe phái còn sót lại từ quá khứ của mình. Các nhà văn viết truyện khoa học giả tưởng thường xuyên đánh giá thấp khó khăn của du hành không gian và thuộc địa hóa không gian. Ngày nay, phải tốn từ 10.000 tới 40.000 đô la Mỹ trên mỗi pound[1] để đưa bất cứ thứ gì lên quỹ đạo gần Trái Đất. (Hãy tưởng tượng John Glenn làm bằng vàng ròng, và bạn sẽ đánh giá đúng chi phí cực đắt đỏ của du hành vũ trụ.) Mỗi chuyến bay của tàu con thoi tiêu tốn trên 800 triệu đô la Mỹ (nếu chúng ta lấy tổng chi phí của chương trình tàu con thoi chia cho số chuyến bay). Có khả năng là chi phí du hành không gian sẽ giảm xuống, nhưng chỉ theo hệ số 10 trong vài thập kỷ tới, với sự xuất hiện của các tàu vũ trụ sử dụng nhiều lần (RLV, viết tắt của "reusable launch vehicle") có thể được sử dụng lại ngay lập tức sau khi một chuyến bay hoàn tất. Trong suốt thế kỷ 21, du hành vũ trụ vẫn sẽ là một nhiệm vụ cực kỳ tốn kém chỉ dành cho các cá nhân và các quốc gia siêu giàu có.

(Tuy nhiên, có một ngoại lệ có thể có: sự phát triển của các "thang máy vũ trụ". Các tiến bộ gần đây trong công nghệ nano mở ra cơ hội sản xuất thành công các ống nano cacbon siêu bền và siêu nhẹ. Về nguyên tắc, có thể là các sợi cacbon này có thể chứng minh là đủ bền để nối Trái Đất với một vệ tinh địa đồng bộ[1] đang bay trên quỹ đạo phía trên Trái Đất và cách bề mặt Trái Đất hơn 20.000 dặm (hơn 30.000 km). Giống như trong truyện "Jack và cây đậu thần"[2], người ta có thể trèo lên ống nano cacbon này để vươn tới khoảng không vũ trụ với chỉ một phần chi phí thông thường. Trong quá khứ, các nhà khoa học vũ trụ đã gạt bỏ thang máy vũ trụ vì sức căng trên dây đủ để làm đứt bất cứ sợi nào đã biết. Tuy nhiên, công nghệ ống nano cacbon có thể thay đổi điều này. NASA đang tài trợ cho các nghiên cứu sơ bộ về công nghệ này, và tình hình sẽ được phân tích sát sao sau nhiều năm. Nhưng nếu một công nghệ như vậy khả thi, thì trong trường hợp tốt nhất một thang máy vũ trụ cũng chỉ có thể đưa chúng ta lên quỹ đạo xung quanh Trái Đất, chứ không thể tới các hành tinh khác.)

---

[1] 1 pound (cân Anh) xấp xỉ 0,454 kg.

Giấc mơ chiếm cứ vũ trụ phải được tôi rèn bằng thực tế là chi phí của các chuyến bay có người lái lên Mặt Trăng và các hành tinh cao gấp nhiều lần chi phí cho các chuyến bay quanh Trái Đất. Không giống như các chuyến hải trình của Columbus và các nhà thám hiểm Tây Ban Nha thời kỳ đầu cách đây vài thế kỷ, khi mà chi phí của một con tàu chỉ là một phần nhỏ trong tổng sản phẩm quốc nội của Tây Ban Nha, còn phần thưởng kinh tế nó có thể mang về là rất lớn, việc thiết lập các khu định cư trên Mặt Trăng và sao Hỏa có thể làm phá sản hầu hết các quốc gia mà gần như không đem lại lợi ích kinh tế trực tiếp nào. Một chuyến bay có người lái đơn giản đến sao Hỏa có thể tốn kém từ 100 tỉ đến 500 tỉ đô la Mỹ, với rất ít hy vọng hoàn lại về mặt tài chính.

Tương tự, người ta cũng phải xem xét mối nguy hiểm cho các hành khách. Sau nửa thế kỷ thử nghiệm với các tên lửa nhiên liệu lỏng, xác suất xảy ra thảm họa trong những chuyến bay dùng tên lửa kiểu này là khoảng 1/70. (Trên thực tế, hai vụ mất mát bi thảm của tàu con thoi nằm trong tỉ lệ này.) Chúng ta thường quên rằng du hành không gian khác với đi du lịch. Với nhiên liệu quá dễ bay hơi và quá nhiều mối đe dọa với sự sống con người, du hành không gian sẽ tiếp tục là một nhiệm vụ nguy hiểm trong các thập kỷ tới.

---

[1] Vệ tinh địa đồng bộ có chu kỳ quay quanh Trái Đất đúng bằng chu kỳ quay quanh trục của Trái Đất (23 giờ 56 phút 4 giây).

[2] Một truyện cổ tích của Anh, trong đó cậu bé Jack ba lần leo lên thân cây đậu vươn tới tận trời để lấy trộm túi tiền vàng, con gà mái đẻ trứng vàng và cây đàn hạc thần biết tự gảy trong cung điện của một vị thần khổng lồ.

Tuy nhiên, trong vài thế kỷ tới thì tình hình có thể sẽ dần dần thay đổi. Khi mà chi phí du hành không gian được giảm xuống từ từ, thì một ít khu định cư vũ trụ có thể dần dần được duy trì trên sao Hỏa. Trên thang thời gian này, một số nhà khoa học thậm chí đã đề xuất những cơ chế tài tình để biến đổi đất đai sao Hỏa, như làm chệch hướng một sao chổi và cho nó bay hơi trong khí quyển, qua đó bổ sung hơi nước vào bầu khí quyển hành tinh đỏ. Những người khác có chủ trương bơm khí mêtan vào khí quyển để tạo ra một hiệu ứng nhà kính nhân tạo trên hành tinh đỏ, nâng nhiệt độ và dần dần làm tan chảy tầng đất đóng băng vĩnh cửu dưới bề mặt sao Hỏa, nhằm lấp đầy các ao hồ và sông suối của nó sau hàng tỉ năm. Một số người đã đề xuất các biện pháp cực đoan và nguy hiểm hơn, như cho nổ một đầu đạn hạt nhân trong lòng đất phía dưới các chỏm băng để làm tan chảy băng (có thể gây ra hiểm họa sức khỏe cho các kiều dân vũ trụ tương lai). Nhưng các đề xuất này thực sự vẫn còn rất viển vông.

Nhiều khả năng, một nền văn minh kiểu I sẽ nhận thấy các khu định cư vũ trụ là ưu tiên dài hạn trong vài thế kỷ tới. Nhưng du hành liên hành tinh đường dài, nơi thời gian không phải quá gấp gáp, một động cơ năng lượng mặt trời/ion có thể cung cấp một dạng lực đẩy mới giữa các ngôi sao. Các động cơ di chuyển chậm như vậy sẽ tạo ra ít lực đẩy, nhưng chúng có thể duy trì lực đẩy đó trong nhiều năm. Các động cơ này tập trung năng lượng từ mặt trời, đốt nóng một khí như xêsi, và sau đó phóng khí ra ống xả, tạo ra một lực đẩy nhẹ có thể được duy trì gần như vô hạn. Các con tàu được cung cấp năng lượng bằng các động cơ như vậy có thể rất lý tưởng để tạo ra một "hệ thống đường quốc lộ" kết nối liên hành tinh.

Cuối cùng, các nền văn minh kiểu I có thể gửi vài tàu thăm dò thử nghiệm tới các ngôi sao ở gần. Vì tốc độ của các tên lửa hóa học rốt cuộc bị giới hạn bởi tốc độ tối đa của các khí trong ống xả tên lửa, các nhà vật lý sẽ phải tìm thêm nhiều loại lực đẩy kỳ dị nếu họ hy vọng vươn tới các khoảng cách xa hàng trăm năm ánh sáng. Một thiết kế khác là tạo ra một động cơ phản lực động áp (ramjet) hợp hạch, một tên lửa lấy hyđrô từ không gian liên sao và hợp hạch nó, giải phóng một lượng năng lượng không giới hạn trong quá trình này. Tuy nhiên, hợp hạch proton-proton vô cùng khó đạt được ngay cả trên Trái Đất, chưa nói tới ngoài không gian và trong một tàu vũ trụ. Loại công nghệ như vậy ít ra cũng thuộc về một thế kỷ khác trong tương lai.

NỀN VĂN MINH KIỂU II

Một nền văn minh kiểu II có khả năng khai thác năng lượng của toàn thể một ngôi sao trông có thể giống như một phiên bản của Liên bang Hành tinh trong loạt phim *Star Trek*, mà không cần đến động cơ cong (warp drive). Họ đã lập những khu định cư tại một phần nhỏ của Ngân Hà và có thể kích cháy các ngôi sao, và vì thế đủ điều kiện tiến tới địa vị kiểu II.

Để sử dụng hết công suất của Mặt Trời, nhà vật lý học Freeman Dyson đã suy đoán rằng một nền văn minh kiểu II có thể xây dựng một khối cầu khổng lồ xung quanh Mặt Trời để hấp thụ các tia sáng của nó. Chẳng hạn, nền văn minh này có thể có khả năng phá hủy một hành tinh cỡ sao Mộc và phân bố khối lượng này trong khối cầu xung quanh Mặt Trời. Vì định luật hai nhiệt động lực học, khối cầu này cuối cùng sẽ nóng lên, phát ra một bức xạ hồng ngoại đặc trưng có thể được thấy từ khoảng không vũ trụ. Jun Jugaku từ Viện Nghiên cứu văn minh Nhật Bản và các đồng nghiệp đã tìm kiếm trên bầu trời cách xa tới 80 năm ánh sáng để cố gắng định vị các nền văn minh khác như vậy nhưng không tìm thấy chứng cứ về những phát xạ hồng ngoại này (mặc dù hãy nhớ rằng thiên hà của chúng ta trải rộng 100.000 năm ánh sáng).*

Một nền văn minh kiểu II có thể chiếm cứ một số hành tinh trong hệ Mặt Trời của họ và thậm chí bắt tay vào phát triển một chương trình du hành liên sao. Vì các nguồn tài nguyên rộng lớn có sẵn cho một nền văn minh kiểu II, về tiềm năng họ có thể đã phát triển các dạng lực đẩy kỳ dị như thế, như động cơ phản vật chất/vật chất cho các tàu vũ trụ, mở ra triển vọng cho du hành không gian gần tốc độ ánh sáng. Về nguyên tắc, dạng năng lượng này đạt hiệu suất 100%. Nó cũng có thể tạo ra bằng thực nghiệm nhưng cực kỳ tốn kém theo các tiêu chuẩn của kiểu I (phải có một máy đập vỡ nguyên tử để tạo ra các chùm phản proton có thể được sử dụng để tạo các phản nguyên tử).

Chúng ta chỉ có thể suy đoán một xã hội kiểu II có thể hoạt động như thế nào. Tuy nhiên, nó sẽ có nhiều thiên niên kỷ để giải quyết các tranh chấp đất đai, tài nguyên và quyền lực. Một nền văn minh kiểu II có thể có tiềm năng trở thành bất tử. Dường như không điều gì có thể phá hủy một nền văn minh như vậy, ngoại trừ sự điên rồ của chính bản thân cư dân thuộc nền văn minh đó. Các sao chổi và sao băng có thể bị làm chệch hướng, các thời kỳ băng hà có thể chuyển đổi bằng cách thay đổi các mô hình thời tiết, ngay cả mối đe dọa do một vụ nổ sao siêu mới gần đó gây ra cũng có thể tránh được đơn giản bằng cách từ bỏ hành tinh quê hương và vận chuyển nền văn minh ra khỏi vùng nguy hiểm - hoặc thậm chí là can thiệp vào hoạt động nhiệt hạch của bản thân ngôi sao đang hấp hối.

NỀN VĂN MINH KIỂU III

Vào thời điểm một xã hội vươn tới cấp độ của một nền văn minh kiểu III, nó có thể bắt đầu suy tính tới các năng lượng vô cùng to lớn mà tại đó không gian và thời gian trở nên không ổn định. Chúng ta nhớ lại rằng năng lượng Planck là năng lượng mà tại đó các hiệu ứng lượng tử thống trị, và không-thời gian trở thành "sủi bọt" với các bong bóng nhỏ và các lỗ giun. Năng lượng Planck còn nằm quá xa tầm với của chúng ta ngày nay, nhưng đó chỉ là vì chúng ta đánh giá năng lượng theo quan điểm của một nền văn minh kiểu 0,7. Vào thời điểm một nền văn minh đã đạt đến địa vị kiểu III, nó sẽ có quyền sử dụng (theo định nghĩa) các năng lượng gấp 10 tỉ lần 10 tỉ (hay 10^{20}) dạng năng lượng tìm thấy trên Trái Đất hiện nay.

Nhà thiên văn Ian Crawford từ Đại học Tổng hợp London viết về các nền văn minh kiểu III: "Giả sử có một thuộc địa (khu định cư) vũ trụ điển hình trải rộng 10 năm ánh sáng, một con tàu có tốc độ bằng 10% tốc độ ánh sáng và một chu kỳ 400 năm từ khi thiết lập một thuộc địa cho tới khi thuộc địa đó gửi đi các thuộc địa của chính nó, thì mặt đầu sóng thuộc địa hóa sẽ mở rộng với tốc độ trung bình là 0,02 năm ánh sáng mỗi năm. Vì thiên hà [chúng ta] có đường kính 100.000 năm ánh sáng, nên mất không quá 5 triệu năm để thuộc địa hóa nó hoàn toàn. Mặc dù đây là một khoảng thời gian dài đối với con người, nhưng chỉ bằng 0,05% tuổi của thiên hà."*

Các nhà khoa học vô cùng nỗ lực nhằm phát hiện các phát xạ vô tuyến từ một nền văn minh kiểu III trong phạm vi của chính thiên hà chúng ta. Kính viễn vọng vô tuyến Aricebo khổng lồ ở Puerto Rico đã quét phần lớn thiên hà chúng ta để tìm các phát xạ vô tuyến ở tần số 1,42 gigahertz, gần với vạch phát xạ của khí hyđrô. Nó đã không tìm thấy bất kỳ bằng chứng nào về phát xạ vô tuyến của bất kỳ nền văn minh nào tỏa ra năng lượng có công suất thuộc dải từ 10^{18} tới 10^{30} oát (nghĩa là, từ kiểu I.2 tới kiểu II.4). Tuy nhiên, điều đó không loại trừ các nền văn minh chỉ hơi vượt qua chúng ta về công nghệ, từ kiểu 0,8 tới kiểu I.1, hoặc vượt xa chúng ta đáng kể, như kiểu II.5 và hơn thế.*

Nó cũng không loại trừ các hình thức liên lạc viễn thông khác. Chẳng hạn, một nền văn minh tiên tiến có thể gửi các tín hiệu thông qua tia laser hơn là sóng vô tuyến. Và nếu họ sử dụng sóng vô tuyến, họ có thể sử dụng các tần số khác chứ không phải là 1,42 gigahertz (GHz). Họ có thể gửi đi tín hiệu trên nhiều tần số và sau đó lắp ráp lại tín hiệu tại nơi nhận. Theo cách này thì một ngôi sao vụt qua hay một cơn bão vũ trụ sẽ không gây nhiễu toàn bộ thông điệp. Bất cứ ai đang nghe tín hiệu truyền đi này chỉ có thể nghe thấy những âm thanh vô nghĩa. (Các thư điện tử của chính chúng ta được chia ra thành nhiều mảnh, với mỗi mảnh được gửi qua một thành phố khác, và sau đó được lắp ráp lại ở đoạn cuối trên máy tính của bạn. Tương tự, các nền văn minh tiên tiến có thể quyết định sử dụng các phương pháp tinh vi để chia nhỏ một tín hiệu và lắp ráp lại nó ở đầu kia.)

Nếu một nền văn minh kiểu III tồn tại trong vũ trụ, thì một trong những mối quan tâm cấp bách nhất của họ sẽ là thiết lập một hệ thống liên lạc viễn thông kết nối các thiên hà. Điều này tất nhiên phụ thuộc vào việc bằng cách nào đó họ có thể làm chủ công nghệ di chuyển nhanh hơn ánh sáng, như thông qua các lỗ giun, hay không. Nếu chúng ta giả định rằng họ không thể, thì sự phát triển của họ sẽ bị kìm hãm đáng kể. Nhà vật lý Freeman Dyson, trích dẫn từ tác phẩm của Jean-Marc Levy-Leblond, suy đoán rằng một xã hội như vậy có thể sống trong một vũ trụ "Carroll", đặt theo tên của Lewis Carroll(1). Trong quá khứ, Dyson viết, xã hội loài người hình thành từ các bộ lạc nhỏ, trong đó không gian là tuyệt đối, nhưng thời gian là tương đối. Điều này có nghĩa rằng liên lạc giữa các bộ lạc thưa thớt là không thể, và trong cả cuộc đời, chúng ta chỉ có thể mạo hiểm di chuyển trong một khoảng cách ngắn từ nơi sinh ra. Mỗi bộ lạc đã bị chia cắt bằng sự mênh mông của không gian tuyệt đối. Với sự ra đời của Cách mạng Công nghiệp, chúng ta đã tiến vào vũ trụ kiểu Newton, trong đó không gian và thời gian đã trở thành tuyệt đối, và chúng ta đã có những con tàu và các bánh xe liên kết các bộ lạc thưa thớt thành một quốc gia. Trong thế kỷ 20, chúng ta đã tiến vào vũ trụ kiểu Einstein, trong đó cả không gian lẫn thời gian đều tương đối, và chúng ta đã phát triển điện báo, điện thoại, phát thanh và truyền hình, tạo ra liên lạc tức thời. Một nền văn minh kiểu III có thể trôi dạt ngược trở lại thành một vũ trụ Carroll một lần nữa, với các nhóm nhỏ thuộc địa vũ trụ bị ngăn cách bởi các khoảng cách rộng lớn liên sao, không thể liên lạc vì rào cản ánh sáng. Để ngăn cản sự phân mảnh của một vũ trụ Carroll như vậy, một nền văn minh kiểu III có thể cần phát triển các lỗ giun cho phép liên lạc viễn thông nhanh hơn ánh sáng ở cấp độ hạ nguyên tử.*

NỀN VĂN MINH KIỂU IV

Một lần khi tôi đang nói chuyện tại Cung chiếu hình thiên

---

1. Lewis Carroll (1832-1898): nhà văn Anh, tác giả của *Alice trong xứ sở thần tiên*.

văn London, một cậu bé mười tuổi đi tới chỗ tôi và khăng khăng rằng phải có một nền văn minh kiểu IV. Khi tôi nhắc cậu bé rằng chỉ có các hành tinh, các ngôi sao và các thiên hà mới là nền tảng duy nhất cho phép sự sống có trí tuệ nảy mầm, cậu bé khẳng định có một nền văn minh kiểu IV có thể sử dụng sức mạnh của thể liên tục (continuum).*

Tôi đã nhận ra là cậu bé nói đúng. Nếu một nền văn minh kiểu IV có thể tồn tại, nguồn năng lượng của nó có thể là ngoại thiên hà, chẳng hạn như năng lượng tối chúng ta thấy xung quanh mình, hợp thành 73% hàm lượng vật chất/năng lượng của vũ trụ. Mặc dù có tiềm năng là một kho chứa năng lượng khổng lồ - hơn thế còn là kho chứa lớn nhất trong vũ trụ - nhưng trường phản hấp dẫn này trải rộng trên các khoảng không trống rỗng bao la của vũ trụ nên sẽ cực kỳ yếu tại bất cứ điểm nào trong không gian.

Nikola Tesla(1), một thiên tài về điện và là đối thủ của Thomas Edison, đã viết bao quát về việc thu lượm năng lượng của chân không. Ông tin rằng chân không đã che giấu các kho chứa năng lượng vô kể. Ông nghĩ rằng nếu chúng ta bằng cách nào đó có thể thiết lập kết nối với nguồn này, nó sẽ cách mạng hóa tất cả xã hội loài người. Tuy nhiên, việc rút năng lượng khó tin này ra sẽ là vô cùng khó khăn. Hãy suy nghĩ về việc tìm kiếm vàng trong lòng đại dương. Có lẽ lượng vàng phân tán trong lòng đại dương nhiều hơn tất cả vàng tại Fort Knox(2) và các kho vàng khác trên thế giới. Tuy nhiên, chi phí của việc chiết tách lượng vàng trên một diện tích lớn như thế là quá đắt đỏ. Do đó, vàng đang nằm trong lòng đại dương chưa bao giờ được thu lượm.

Tương tự, năng lượng ẩn trong năng lượng tối nhiều hơn toàn bộ tổng lượng năng lượng của các ngôi sao và các thiên hà. Tuy nhiên, nó trải rộng trên hàng tỉ năm ánh sáng và sẽ rất khó cô đặc. Nhưng theo các định luật vật lý, vẫn có khả năng tồn tại

---

1. Nikola Tesla (1856-1943): nhà phát minh, kỹ sư cơ điện. Có ảnh hưởng lớn tới sự phát triển của điện xoay chiều.
2. Kho chứa vàng của Hoa Kỳ.

một nền văn minh kiểu III tiên tiến, đang tiêu thụ cạn kiệt năng lượng của các ngôi sao trong thiên hà, và có thể bằng cách nào đó cố gắng thiết lập kết nối với năng lượng này để thực hiện chuyển đổi sang kiểu IV.

PHÂN LOẠI THÔNG TIN

Chúng ta cũng có thể dựa vào các công nghệ mới để phân loại tốt hơn các nền văn minh. Vào thập niên 1960, lần đầu tiên Kardashev đã đưa ra cách phân loại độc đáo trước khi diễn ra sự bùng nổ quá trình tiểu hình hóa (thu nhỏ kích thước) máy tính điện tử, các tiến bộ trong công nghệ nano và nhận thức về các vấn đề suy thoái môi trường. Nhờ thành quả của các phát triển này, một nền văn minh tiên tiến có thể tiến triển theo một kiểu hơi khác, bằng cách tận dụng tối đa cuộc cách mạng thông tin mà chúng ta đang chứng kiến ngày nay.

Khi một nền văn minh tiên tiến phát triển theo cấp số mũ, lượng nhiệt thải quá lớn có thể làm tăng nhiệt độ khí quyển hành tinh một cách nguy hiểm và gây ra những vấn đề khí hậu. Các cụm vi khuẩn phát triển theo cấp số mũ trong một đĩa nuôi cấy khuẩn cho đến khi chúng tiêu thụ cạn kiệt nguồn cung cấp thức ăn và chết chìm trong chất thải của chính chúng theo đúng nghĩa đen. Tương tự như vậy, vì du hành không gian vẫn sẽ rất tốn kém trong nhiều thế kỷ, và việc biến đổi đất đai các hành tinh gần kề vẫn là một thách thức về kinh tế và khoa học, nên một nền văn minh kiểu I đang tiến hóa có nguy cơ chết ngạt trong nhiệt thải của chính nó, hoặc phải thu nhỏ và tổ chức sản xuất thông tin tốt hơn.

Để thấy hiệu quả của quá trình tiểu hình hóa như vậy, hãy xem xét bộ não con người, chứa khoảng 100 tỉ tế bào thần kinh (cũng nhiều như các thiên hà trong vũ trụ có thể nhìn thấy) nhưng gần như không sinh nhiệt. Công bằng mà nói, ngày nay nếu một kỹ sư máy tính thiết kế một máy tính điện tử có khả năng tính toán hàng triệu tỉ byte mỗi giây, một điều mà bộ não có thể thực hiện dễ dàng, thì kích thước của nó có lẽ phải bằng một vài khối nhà và cần một hồ chứa nước để làm mát. Nhưng bộ não của chúng ta có thể suy tính những ý tưởng thăng hoa nhất mà không đổ một giọt mồ hôi.

Bộ não hoàn thành điều này do cấu trúc phân tử và tế bào của nó. Trước hết, nó hoàn toàn không phải là một máy tính (hiểu theo nghĩa là một cỗ máy Turing chuẩn, với băng ghi đầu vào, băng ghi đầu ra và bộ xử lý trung tâm). Bộ não không có hệ điều hành, không có Windows, không có CPU, không có chip Pentium như các máy tính. Thay vào đó, nó là một mạng lưới thần kinh hiệu quả cao, một cỗ máy học tập, nơi bộ nhớ và các mô hình tư duy được phân phối trên toàn bộ não thay vì tập trung ở một đơn vị xử lý trung tâm. Thậm chí bộ não không tính toán nhanh lắm, vì các tín hiệu điện gửi xuống các tế bào thần kinh về bản chất là hóa học. Nhưng nó làm được việc còn hơn cả sự bù lại sự chậm chạp này, đó là khả năng xử lý song song và học được các kỹ năng mới với các tốc độ cực nhanh.

Để cải thiện hiệu quả của máy tính điện tử, các nhà khoa học đang cố gắng sử dụng các ý tưởng mới lạ, nhiều ý tưởng được lấy từ thiên nhiên, để tạo ra thế hệ kế tiếp của các máy tính được tiểu hình hóa. Các nhà khoa học tại Princeton đã có thể tính toán trên các phân tử ADN (coi ADN như dải băng máy tính không dựa trên các số nhị phân 0 và 1, mà dựa trên bốn axit nucleic A, T, C, G); máy tính ADN của họ đã giải quyết được bài toán người bán hàng dạo qua nhiều thành phố (nghĩa là, tính toán tuyến đường ngắn nhất nối N thành phố). Tương tự, các tranzito phân tử đã được tạo ra trong phòng thí nghiệm, và thậm chí các máy tính lượng tử nguyên thủy đầu tiên (có thể tính toán trên các nguyên tử riêng lẻ) đã được xây dựng.

Dựa vào các tiến bộ trong công nghệ nano, ta có thể tin rằng một nền văn minh tiên tiến sẽ tìm ra các cách thức hiệu quả hơn nhiều để phát triển thay vì tạo ra quá nhiều nhiệt thải đe dọa sự tồn tại của họ.

CÁC KIỂU TỪ A TỚI Z

Sagan đã giới thiệu thêm một cách khác để xếp loại các nền văn minh tiên tiến theo hàm lượng thông tin của chúng, yếu tố thiết yếu đối với bất kỳ nền văn minh nào đang dự tính rời khỏi vũ trụ. Chẳng hạn, một nền văn minh kiểu A là một nền văn minh xử lý 10^6 bit thông tin. Hàm lượng ấy sẽ tương ứng với một nền văn minh nguyên thủy không có ngôn ngữ viết, nhưng có ngôn ngữ nói. Để biết được bao nhiêu thông tin có thể chứa trong một nền văn minh kiểu A, Sagan đã sử dụng ví dụ về trò chơi gồm hai mươi câu hỏi, trong đó bạn có nhiệm vụ xác định một đối tượng bí ẩn, bằng cách hỏi không quá hai mươi câu hỏi dạng có (đúng) hoặc không (sai). Một chiến thuật là đặt những câu hỏi để chia thế giới thành hai phần lớn, chẳng hạn như: "Nó có sống không?" Sau khi hỏi hai mươi câu hỏi như vậy, chúng ta đã chia thế giới thành 2^{20} phần, hay 10^6 phần, và đó là tổng hàm lượng thông tin của một nền văn minh kiểu A.

Khi một ngôn ngữ viết được phát hiện, tổng lượng thông tin nhanh chóng bùng nổ. Nhà vật lý Phillip Morrison từ MIT ước tính rằng tổng di sản bằng chữ viết còn sót lại từ thời Hy Lạp cổ đại là khoảng 10^9 bit, tương ứng một nền văn minh kiểu C theo xếp hạng của Sagan.

Sagan đã ước tính hàm lượng thông tin ngày nay của chúng ta. Bằng cách ước tính số lượng sách trong tất cả các thư viện trên thế giới (được đo cỡ hàng chục triệu) và số lượng các trang có trong mỗi cuốn sách, ông cho rằng nó khoảng 10^{13} bit thông tin. Nếu tính cả các bức ảnh, con số này có thể lên tới 10^{15} bit. Con số này sẽ đặt chúng ta vào vị trí của một nền văn minh kiểu H. Do đầu ra năng lượng và thông tin thấp, chúng ta có thể được phân loại là một nền văn minh kiểu 0,7 H.

Ông ước đoán rằng tiếp xúc đầu tiên của chúng ta với một nền văn minh ngoài Trái Đất sẽ là một nền văn minh ít nhất cũng là kiểu 1,5 J hay 1,8 K vì họ đã làm chủ động lực học của du hành liên sao. Ở mức tối thiểu, một nền văn minh như vậy sẽ tiến bộ hơn nền văn minh của chúng ta từ vài thế kỷ tới vài thiên niên kỷ. Tương tự, một nền văn minh thiên hà kiểu III có thể được đặc trưng bằng hàm lượng thông tin của mỗi hành tinh nhân với số lượng hành tinh trong thiên hà có khả năng hỗ trợ sự sống. Sagan ước tính rằng một nền văn minh kiểu III như vậy sẽ tương ứng với kiểu Q. Và một nền văn minh tiên tiến có thể khai thác hàm lượng thông tin của 1 tỉ thiên hà, tương ứng với một phần lớn của vũ trụ có thể nhìn thấy, sẽ đủ điều kiện trở thành nền văn minh như kiểu Z.

Đây không phải là một bài tập lý thuyết suông tầm thường. Bất kỳ nền văn minh nào định rời bỏ vũ trụ nhất thiết phải tính toán tới các điều kiện ở phía đầu kia của vũ trụ. Các phương trình Einstein là khét tiếng khó, vì để tính toán độ cong của không gian tại bất kỳ điểm nào, bạn phải biết vị trí của mọi thiên thể trong vũ trụ, mỗi một thiên thể trong số này lại góp phần vào việc uốn cong không gian. Bạn cũng phải biết các hiệu chỉnh lượng tử đối với lỗ đen, mà hiện tại là không thể tính được. Vì điều này là cực kỳ khó khăn cho các máy tính của chúng ta, nên các nhà vật lý ngày nay thường áng chừng một lỗ đen thông qua nghiên cứu một vũ trụ bị một ngôi sao đã suy sụp duy nhất chi phối. Để đạt được sự hiểu biết thực tế hơn về động lực học bên trong chân trời sự kiện của một lỗ đen hoặc gần miệng lỗ giun, chúng ta nhất thiết phải biết vị trí và hàm lượng năng lượng của tất cả các ngôi sao gần kề, sau đó tính toán các thăng giáng lượng tử. Một lần nữa, điều này là vô cùng khó khăn. Để giải các phương trình cho một ngôi sao duy nhất trong một vũ trụ trống rỗng đã rất khó, chưa nói gì tới hàng tỉ thiên hà đang trôi nổi trong một vũ trụ đã lạm phát.

Đó là lý do tại sao bất kỳ nền văn minh nào thử thực hiện một cuộc hành trình qua một lỗ giun sẽ phải có sức mạnh tính toán vượt xa nền văn minh kiểu 0,7 H như của chúng ta. Có lẽ nền văn minh tối thiểu có đủ hàm lượng năng lượng và thông tin để tạo ra bước đột phá ấy sẽ là kiểu III Q.

Cũng có thể tưởng tượng được rằng trí tuệ có thể lan tỏa vượt xa cách phân loại hạn hẹp của Kardashev. Như Tôn ông Martin Rees nói: "Hoàn toàn có thể hiểu được rằng, ngay cả khi sự sống hiện nay chỉ tồn tại trên Trái Đất, cuối cùng nó sẽ lan tỏa khắp Ngân Hà và xa hơn thế. Vì thế sự sống có thể không chỉ mãi mãi là một vết tích lan truyền mờ nhạt trong vũ trụ như hiện nay. Quả thật, tôi thấy đó là một quan điểm khá hấp dẫn, và tôi nghĩ thật hữu ích nếu nó được chia sẻ rộng rãi."* Nhưng ông cũng cảnh báo chúng ta: "Nếu hủy diệt chính mình, chúng ta sẽ hủy hoại các tiềm năng vũ trụ thật sự. Vì vậy, ngay cả khi người ta tin rằng sự sống là duy nhất ở Trái Đất hiện nay, thì cũng không có nghĩa rằng nó sẽ mãi mãi chỉ là một mẩu tầm thường của vũ trụ."*

Vậy thì, một nền văn minh tiên tiến có thể toan tính rời bỏ vũ trụ đang hấp hối của mình như thế nào? Nó sẽ phải vượt qua một chuỗi các trở ngại lớn.

BƯỚC MỘT: TẠO RA VÀ THỬ NGHIỆM MỘT THUYẾT VẠN VẬT

Chướng ngại vật đầu tiên mà một nền văn minh đang hy vọng rời bỏ vũ trụ phải đối mặt sẽ là hoàn thành một thuyết vạn vật. Dù đó có phải là thuyết dây hay không, chúng ta phải có một cách tính toán tin cậy các hiệu chỉnh lượng tử cho các phương trình Einstein, hoặc không thì chẳng thuyết nào của chúng ta là có ích. Thật may mắn, vì thuyết M đang tiến bộ nhanh chóng, với sự quan tâm của một số trí tuệ bậc nhất trên hành tinh, nên chúng ta sẽ nhanh chóng biết nó là thuyết vạn vật hay một thuyết vô dụng, chỉ trong vòng một vài thập kỷ hoặc có thể ít hơn.

Một khi một thuyết vạn vật hoặc một thuyết hấp dẫn lượng tử đã được tìm thấy, chúng ta phải xác minh các kết quả của thuyết này bằng cách sử dụng công nghệ tiên tiến thông qua việc xây dựng các máy đập vỡ nguyên tử lớn để tạo ra các siêu hạt, hoặc thậm chí các thiết bị dò sóng hấp dẫn khổng lồ trong không gian hoặc trên các vệ tinh tự nhiên khác nhau trong khắp cả hệ Mặt Trời. (Các vệ tinh tự nhiên khá ổn định trong khoảng thời gian dài, không bị xói mòn và bị nhiễu loạn khí quyển, do đó một hệ hành tinh của các thiết bị dò sóng hấp dẫn sẽ có thể thăm dò các chi tiết của vụ nổ lớn, trả lời bất kỳ câu hỏi nào nảy sinh về hấp dẫn lượng tử và việc tạo ra một vũ trụ mới.)

Một khi một thuyết hấp dẫn lượng tử được tìm thấy, và các máy đập vỡ nguyên tử lớn cùng các thiết bị dò sóng hấp dẫn đã xác nhận sự đúng đắn của nó, lúc đó chúng ta có thể trả lời một số câu hỏi thiết yếu liên quan đến các phương trình Einstein và các lỗ giun:

1. Liệu các lỗ giun có ổn định?

Khi vượt qua một lỗ đen quay Kerr, vấn đề nảy sinh là sự hiện diện thật sự của bạn gây nhiễu lỗ đen, nó có thể suy sụp trước khi bạn vượt qua cầu Einstein-Rosen. Phải tính toán lại độ ổn định này dựa trên các hiệu chỉnh lượng tử, thứ có thể thay đổi hoàn toàn phép tính toán.

2. Ở đó có các phân kỳ không?

Nếu chúng ta vượt qua được một lỗ giun đang kết nối hai kỷ nguyên thời gian, thì bức xạ tích tụ xung quanh lối vào lỗ giun có thể trở nên vô hạn, gây ra thảm họa khôn lường. (Đó là do bức xạ có thể đi qua các lỗ giun, ngược trở lại thời gian, và quay trở lại sau nhiều năm để tiến vào lỗ giun lần thứ hai. Quá trình này có thể được lặp đi lặp lại vô hạn lần, dẫn tới bức xạ được tích tụ vô hạn. Tuy nhiên, vấn đề này có thể được giải quyết nếu thuyết đa thế giới đứng vững, sao cho vũ trụ chia tách mỗi lần bức xạ đi qua lỗ giun, do đó không có tích tụ bức xạ vô hạn. Chúng ta cần một thuyết vạn vật để trả lời câu hỏi tinh tế này.)

3. Liệu chúng ta có thể tìm thấy lượng lớn năng lượng âm?

Năng lượng âm, một thành phần then chốt có thể mở ra và ổn định các lỗ giun, được biết là có tồn tại nhưng chỉ với các lượng nhỏ. Liệu chúng ta có thể tìm thấy đủ lượng năng lượng âm để mở và ổn định một lỗ giun?

Giả sử có thể tìm thấy câu trả lời cho các câu hỏi này, lúc đó một nền văn minh tiên tiến có thể suy xét thấu đáo phương cách rời bỏ vũ trụ, hoặc đối mặt với sự tuyệt chủng chắc chắn. Có một vài khả năng hiện hữu.

BƯỚC HAI: TÌM CÁC LỖ GIUN VÀ CÁC LỖ TRẮNG XUẤT HIỆN TỰ NHIÊN

Các lỗ giun, các cửa ngõ đa chiều và các dây vũ trụ có thể tồn tại tự nhiên trong khoảng không vũ trụ. Tại thời khắc của vụ nổ lớn, khi một lượng năng lượng khổng lồ được giải phóng vào trong vũ trụ, các lỗ giun và các dây vũ trụ có thể hình thành tự nhiên. Lạm phát của vũ trụ lúc ban đầu có thể làm dãn nở các lỗ giun tới kích thước vĩ mô. Ngoài ra, cũng có khả năng vật chất kỳ dị hoặc vật chất âm tồn tại tự nhiên trong khoảng không vũ trụ. Điều này sẽ giúp ích rất nhiều cho bất kỳ nỗ lực nào rời bỏ một vũ trụ đang hấp hối. Tuy nhiên, không có gì bảo đảm rằng các loại vật chất như vậy tồn tại trong tự nhiên. Chưa có bất kỳ ai từng thấy chúng, và quả thật quá mạo hiểm khi đặt cược số phận của tất cả sự sống có trí tuệ vào giả định này.

Tiếp theo, có khả năng rằng các "lỗ trắng" có thể được tìm thấy bằng cách quét bầu trời. Lỗ trắng là một lời giải của phương trình Einstein, trong đó thời gian bị đảo ngược, khiến cho các vật thể được phun ra từ một lỗ trắng theo đúng cách thức mà chúng đã bị hút vào một lỗ đen. Một lỗ trắng có thể được tìm thấy ở đầu kia của một lỗ đen, sao cho vật chất tiến vào một lỗ đen cuối cùng đi ra khỏi lỗ trắng. Cho đến nay, tất cả các tìm kiếm thiên văn đã không tìm thấy chứng cứ về các lỗ trắng, nhưng sự tồn tại của chúng sẽ có thể được xác nhận hay bác bỏ nhờ thế hệ tiếp theo của các thiết bị dò nằm trong không gian.

BƯỚC BA: PHÓNG CÁC TÀU THĂM DÒ QUA MỘT LỖ ĐEN

Có các lợi thế rõ rệt để sử dụng các lỗ đen như là các lỗ giun. Các lỗ đen, như chúng ta đã khám phá, khá dồi dào trong vũ trụ; nếu có thể giải quyết được vô số các vấn đề kỹ thuật, bất kỳ nền văn minh tiên tiến nào cũng sẽ nghiêm túc xem xét chúng như là một cửa thoát hiểm khỏi vũ trụ của chúng ta. Ngoài ra, khi vượt qua một lỗ đen, chúng ta không bị ràng buộc bởi giới hạn rằng chúng ta không thể ngược tới một thời gian trước khi tạo ra cỗ máy thời gian. Các lỗ giun tại trung tâm của vòng Kerr có thể kết nối vũ trụ của chúng ta tới các vũ trụ khác hoặc các địa điểm khác nhau trong cùng một vũ trụ. Cách duy nhất để kiểm chứng sẽ là thử nghiệm với các tàu thăm dò và sử dụng một siêu máy tính để tính toán sự phân bố khối lượng vật chất trong vũ trụ và tính toán các hiệu chỉnh lượng tử cho các phương trình Einstein qua lỗ giun.

Hiện tại, hầu hết các nhà vật lý tin rằng một chuyến đi xuyên qua một lỗ đen sẽ gây tử vong. Tuy nhiên, sự hiểu biết của chúng ta về vật lý lỗ đen vẫn còn rất sơ khai, và phỏng đoán này chưa bao giờ được kiểm chứng. Giả sử có thể thực hiện một chuyến đi xuyên qua một lỗ đen, nhất là một lỗ đen Kerr đang quay. Khi đó bất kỳ nền văn minh tiên tiến nào sẽ suy nghĩ nghiêm túc về việc thăm dò phần bên trong của các lỗ đen.

Vì hành trình xuyên qua một lỗ đen có thể là chuyến đi một chiều, và vì những nguy hiểm to lớn ở rìa lỗ đen, một nền văn minh tiên tiến khả năng sẽ thử định vị một lỗ đen sao gần kề và phóng một tàu thăm dò đi qua nó. Thông tin quý báu có thể được gửi về từ tàu thăm dò cho đến khi nó vượt qua chân trời sự kiện và mọi liên lạc bị cắt đứt. (Chuyến đi vượt qua chân trời sự kiện dễ có khả năng là hoàn toàn chết chóc vì trường bức xạ mãnh liệt bao quanh nó. Các tia sáng rơi vào một lỗ đen sẽ bị dịch chuyển xanh, do đó sẽ thu được năng lượng khi chúng tới gần trung tâm.) Bất kỳ tàu thăm dò nào đi qua gần chân trời sự kiện sẽ phải được che chắn thích đáng để chống lại chướng ngại bức xạ mãnh liệt này. Ngoài ra, điều này có thể làm mất ổn định bản thân lỗ đen, đến mức chân trời sự kiện sẽ trở thành một điểm kỳ dị, và khép lỗ giun lại. Tàu thăm dò phải xác định chính xác có bao nhiêu bức xạ ở gần chân trời sự kiện và liệu lỗ giun có thể vẫn ổn định hay không, bất chấp tất cả luồng năng lượng này.

Các dữ liệu từ tàu thăm dò trước khi nó tiến vào chân trời sự kiện sẽ phải được gửi bằng sóng vô tuyến trở lại các tàu vũ trụ gần đó, nhưng vì thế lại nảy sinh vấn đề khác. Với một người quan sát trên một trong các tàu vũ trụ đó, thời gian tương đối của tàu thăm dò sẽ dường như dần chậm lại khi nó đã tới gần chân trời sự kiện. Khi nó đã tiến vào chân trời sự kiện, tàu thăm dò trên thực tế sẽ bị đóng băng về thời gian. Để tránh vấn đề này, các tàu thăm dò sẽ phải gửi các dữ liệu của chúng bằng sóng vô tuyến từ một khoảng cách nhất định cách xa chân trời sự kiện, chứ nếu không thì ngay cả các tín hiệu vô tuyến cũng sẽ bị dịch chuyển đỏ tới mức không thể nhận ra.

BƯỚC BỐN: XÂY DỰNG MỘT LỖ ĐEN CHUYỂN ĐỘNG CHẬM

Một khi các đặc trưng gần chân trời sự kiện của các lỗ đen được các tàu thăm dò xác định chắc chắn cẩn thận, bước tiếp theo là tạo ra một lỗ đen chuyển động chậm cho các mục đích thử nghiệm. Một nền văn minh kiểu III có thể thử tái tạo các kết quả đã đề xuất trong bài báo của Einstein: các lỗ đen không bao giờ có thể hình thành từ các khối bụi và hạt đang xoáy tít. Einstein đã cố chỉ ra rằng một tập hợp các hạt đang quay tròn sẽ không tự nó đạt được bán kính Schwarzschild (và kết quả là không thể hình thành các lỗ đen).

Bản thân các khối đang xoáy tít không thể tự co lại thành một lỗ đen. Nhưng điều này bỏ ngỏ khả năng người ta có thể tiếp thêm năng lượng và vật chất mới từ từ vào hệ thống đang quay này, buộc các khối đó dần dần vượt tới phạm vi bán kính Schwarzschild. Theo cách này, một nền văn minh có thể thao túng sự hình thành của một lỗ đen theo cách có kiểm soát.

Chẳng hạn, người ta có thể tưởng tượng một nền văn minh kiểu III dồn các sao notron, những thiên thể có kích thước cỡ quận Manhattan của thành phố New York nhưng nặng hơn Mặt Trời của chúng ta, và tạo thành một tập hợp xoáy tít của các ngôi sao chết này. Hấp dẫn sẽ dần dần kéo các ngôi sao này lại gần nhau. Nhưng Einstein đã chỉ ra rằng chúng sẽ không bao giờ đạt được bán kính Schwarzschild. Lúc này, các nhà khoa học từ nền văn minh tiên tiến có thể cẩn thận tiếp thêm các sao notron mới vào hỗn hợp. Điều này có thể đủ để đẩy nhẹ sự cân bằng, làm cho khối vật liệu notron đang xoáy tít này suy sụp trong phạm vi bán kính Schwarzschild. Kết quả là tập hợp sao này có thể suy sụp thành một vòng quay tít, một lỗ đen Kerr. Bằng cách kiểm soát tốc độ và bán kính của các sao notron khác nhau, một nền văn minh như vậy sẽ làm cho lỗ đen Kerr mở ra từ từ như họ mong muốn.

Hoặc, một nền văn minh tiên tiến có thể cố lắp ráp các sao notron nhỏ với nhau thành một khối tĩnh tại duy nhất, cho đến khi nó đạt tới kích cỡ 3 lần khối lượng Mặt Trời, xấp xỉ giới hạn Chandrasekhar cho một sao notron. Vượt quá giới hạn này, ngôi sao sẽ nổ tung vào trong thành một lỗ đen vì hấp dẫn của chính nó. (Một nền văn minh tiên tiến sẽ phải tính toán cẩn thận để việc tạo ra một lỗ đen không trở thành một vụ nổ giống như sao siêu mới. Sự co lại thành lỗ đen sẽ phải được thực hiện rất từ từ và rất chính xác.)

Tất nhiên, với bất cứ ai đang vượt qua một chân trời sự kiện, đó chắc chắn là một chuyến đi một chiều. Nhưng đối với một nền văn minh tiên tiến phải đối mặt với sự tuyệt diệt chắc chắn, chuyến đi một chiều có thể là lựa chọn duy nhất. Tuy nhiên, vẫn còn có vấn đề bức xạ khi người ta vượt qua chân trời sự kiện. Các tia sáng theo chúng ta qua chân trời sự kiện trở nên mãnh liệt hơn khi chúng gia tăng tần số. Điều này có thể sẽ gây ra một trận mưa bức xạ có thể gây tử vong cho bất kỳ nhà du hành vũ trụ nào vượt qua được chân trời sự kiện. Và bất kỳ nền văn minh tiên tiến nào cũng sẽ phải tính toán chính xác lượng bức xạ như vậy và xây dựng lớp bảo vệ phù hợp để không bị chiên giòn.

Cuối cùng, còn vấn đề về tính ổn định: liệu lỗ giun tại trung tâm vòng Kerr có ổn định để vượt qua hoàn toàn? Các tính toán cho câu hỏi này không hoàn toàn rõ ràng, vì chúng ta sẽ phải sử dụng một thuyết hấp dẫn lượng tử để làm một phép tính đúng. Hóa ra là vòng Kerr ổn định trong một số điều kiện rất hạn chế khi vật chất rơi qua lỗ giun. Vấn đề này sẽ phải được giải quyết cẩn trọng bằng cách sử dụng toán học của hấp dẫn lượng tử và các thử nghiệm trên chính các lỗ đen.

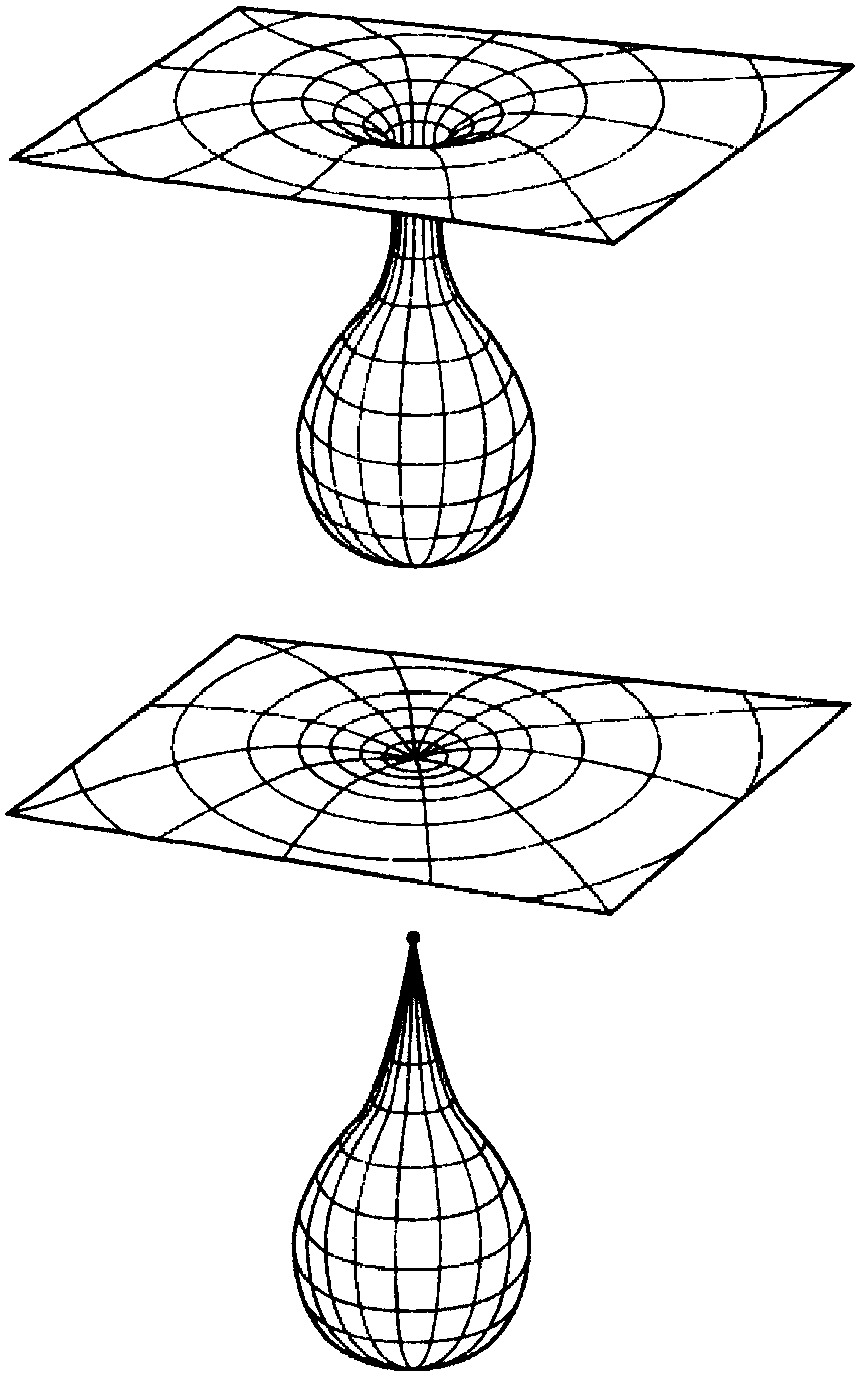
Tóm lại, việc vượt qua một lỗ đen sẽ là một hành trình rất khó khăn và đầy nguy hiểm. Về lý thuyết, nó không thể bị loại bỏ cho đến khi thực hiện được cuộc thử nghiệm toàn diện và hoàn thành một phép tính chính xác về tất cả hiệu chỉnh lượng tử.

BƯỚC NĂM: TẠO MỘT VŨ TRỤ SƠ SINH

Cho đến nay, chúng ta đã giả định rằng có tồn tại khả năng vượt qua một lỗ đen. Bây giờ hãy giả sử ngược lại, rằng các lỗ đen quá không ổn định và quá nhiều bức xạ chết người. Người ta sau đó có thể thử một con đường còn khó khăn hơn: tạo ra một vũ trụ sơ sinh. Khái niệm về một nền văn minh tiên tiến tạo ra một cửa thoát hiểm tới vũ trụ khác đã hấp dẫn các nhà vật lý như Alan Guth. Vì thuyết dãn nở lạm phát phụ thuộc hoàn toàn vào việc tạo ra chân không giả, Guth đã tự hỏi liệu nền văn minh tiên tiến nào đó có thể tạo ra chân không giả và tạo ra một vũ trụ sơ sinh trong phòng thí nghiệm hay không.

Thoạt nhìn, ý tưởng tạo ra một vũ trụ có vẻ phi lý. Rốt cuộc, như Guth chỉ ra, để tạo ra vũ trụ của chúng ta, bạn sẽ cần 10^{89} photon, 10^{89} electron, 10^{89} positron, 10^{89} notrino, 10^{89} phản notrino, 10^{89} proton và 10^{89} notron. Dù việc này nghe có vẻ bất khả thi, nhưng theo Guth hàm lượng vật chất/năng lượng của vũ trụ là khá lớn, nó được cân bằng bởi năng lượng âm rút ra từ hấp dẫn. Tổng ròng của vật chất/năng lượng có thể nhỏ tới một aoxơ. Guth cẩn trọng nêu ra: "Liệu điều này có nghĩa là các định luật vật lý thật sự cho phép chúng ta tạo ra một vũ trụ mới theo ý muốn? Nếu chúng ta đã thử thực hiện công thức này, thật không may, chúng ta ngay lập tức sẽ gặp phải một trở ngại phiền toái: vì một khối cầu chân không giả bề ngang 10^{-26} cm có khối lượng một aoxơ, thì mật độ của nó thật khủng khiếp, 10^{80} g mỗi xentimét khối!... Nếu khối lượng của toàn thể vũ trụ đã quan sát được nén tới mật độ chân không giả, nó sẽ ăn khớp với một dung lượng nhỏ hơn cả một nguyên tử!"* Chân không giả sẽ là khu vực nhỏ xíu của không-thời gian, nơi mà sự bất ổn định phát sinh và rạn nứt xảy ra trong không-thời gian. Có thể chỉ mất vài aoxơ vật chất trong chân không giả để tạo ra một vũ trụ sơ sinh, nhưng lượng vật chất nhỏ xíu này phải được nén xuống một khoảng cách nhỏ vô cùng.

Có thể vẫn còn một cách khác để tạo ra một vũ trụ sơ sinh. Người ta có thể nung nóng một vùng không gian nhỏ tới 10^{29} độ K, và sau đó nhanh chóng làm nguội nó. Ở nhiệt độ này, người ta phỏng đoán rằng không-thời gian trở nên không ổn định; các vũ trụ bong bóng nhỏ sẽ bắt đầu hình thành, và chân không giả có thể được tạo ra. Các vũ trụ sơ sinh nhỏ xíu này, hình thành liên tục nhưng chỉ tồn tại trong thời gian ngắn, có thể trở thành các vũ trụ thực sự ở nhiệt độ đó. Hiện tượng này đã quen thuộc với các điện trường thông thường. (Ví dụ, nếu chúng ta tạo ra một điện trường đủ lớn, các cặp electron-phản electron ảo vốn bật ra và biến mất liên tục từ chân không có thể đột ngột trở thành các cặp thực, khiến cho các hạt trên xuất hiện và tồn tại. Do đó, năng lượng tập trung trong không gian trống rỗng có thể biến đổi các hạt ảo thành các hạt thực. Tương tự, nếu chúng ta đặt đủ năng lượng vào một điểm duy nhất, thì về mặt lý thuyết các vũ trụ sơ sinh ảo có thể tồn tại, đột ngột xuất hiện từ hư không.)



Một vũ trụ sơ sinh có thể được một nền văn minh tiên tiến tạo ra theo vài cách. Vài aoxơ vật chất có thể được tập trung tới mật độ và năng lượng cực lớn, hoặc vật chất có thể được nung nóng tới gần nhiệt độ Planck.

Giả sử như một mật độ hoặc nhiệt độ không tưởng như vậy có thể đạt được, thì quá trình hình thành một vũ trụ sơ sinh có thể giống như sau. Trong vũ trụ của chúng ta, các chùm tia laser và các chùm hạt mạnh có thể được sử dụng để nén và đốt nóng một lượng nhỏ vật chất tới các năng lượng và nhiệt độ vô cùng lớn. Chúng ta sẽ không bao giờ thấy vũ trụ sơ sinh khi nó bắt đầu hình thành, vì nó dãn nở ở "phía bên kia" của điểm kỳ dị, chứ không phải trong vũ trụ của chúng ta. Vũ trụ sơ sinh thay thế này có cơ phình ra trong siêu không gian thông qua lực phản hấp dẫn của chính nó và "nảy chồi" từ vũ trụ của chúng ta. Do đó, chúng ta sẽ không bao giờ nhìn thấy một vũ trụ mới được hình thành ở phía bên kia của điểm kỳ dị. Nhưng một lỗ giun sẽ, giống như một dây rốn, kết nối chúng ta với vũ trụ sơ sinh.

Tuy nhiên, việc tạo ra một vũ trụ trong một lò nung bao hàm những nguy hiểm nhất định. Dây rốn nối vũ trụ của chúng ta với vũ trụ sơ sinh cuối cùng sẽ bốc hơi và tạo ra bức xạ Hawking tương đương với một vụ nổ hạt nhân 500 kilôtôn, lớn hơn khoảng 25 lần mức năng lượng của quả bom nguyên tử ném xuống Hiroshima. Vì vậy, việc tạo ra một vũ trụ mới trong một lò nung cũng sẽ có cái giá phải trả.

Một trở ngại cuối cùng với kịch bản tạo ra một chân không giả là vũ trụ mới dễ dàng suy sụp thành một lỗ đen chết chóc, như giả định trước đây. Nguyên do là bởi định lý Penrose, với nhiều biến thể, trong đó phát biểu rằng bất kỳ khối lượng nào tập trung đủ lớn chắc chắn sẽ suy sụp thành một lỗ đen. Vì các phương trình Einstein là bất biến đối với sự đảo ngược thời gian, nghĩa là, cuối cùng chúng có thể chạy cả tới và lui về thời gian, điều này có nghĩa rằng bất kỳ vật chất nào rơi ra ngoài vũ trụ sơ sinh của chúng ta cuối cùng có thể quay ngược thời gian, kết quả là thành một lỗ đen. Vì vậy, người ta sẽ phải rất cẩn thận trong việc xây dựng vũ trụ sơ sinh để tránh định lý Penrose.

Định lý Penrose dựa trên giả định rằng vật chất đang rơi xuống có năng lượng dương (giống như thế giới quen thuộc xung quanh chúng ta). Tuy nhiên, định lý này bị xô đổ nếu chúng ta có năng lượng âm hay vật chất âm. Vì vậy, ngay cả với kịch bản lạm phát, chúng ta vẫn cần thu được năng lượng âm để tạo ra một vũ trụ sơ sinh, cũng giống như cách chúng ta tạo một lỗ giun có thể vượt qua.

BƯỚC SÁU: TẠO CÁC MÁY ĐẬP VỠ NGUYÊN TỬ KHỔNG LỒ

Chúng ta có thể xây dựng một cỗ máy có khả năng rời khỏi vũ trụ như thế nào, dựa vào khả năng tiếp cận không giới hạn với công nghệ cao? Tại thời điểm nào, chúng ta có thể hy vọng khai thác sức mạnh của năng lượng Planck? Theo định nghĩa, khi một nền văn minh đã đạt được địa vị kiểu III, nó đã có đủ năng lực để thao túng năng lượng Planck. Các nhà khoa học sẽ có thể làm chủ các lỗ giun và tập hợp đủ năng lượng để mở các lỗ trong không gian và thời gian.

Có vài cách để một nền văn minh tiên tiến có thể thực hiện được điều này. Như tôi đã đề cập trước đây, vũ trụ của chúng ta có thể là một màng với một vũ trụ song song chỉ cách chúng ta 1 mm và trôi nổi trong siêu không gian. Nếu như vậy, thì máy va chạm hadron lớn có thể phát hiện nó trong vòng vài năm tới. Khi nhân loại tiến tới một nền văn minh kiểu I, chúng ta thậm chí có thể có công nghệ để thám hiểm bản chất của vũ trụ lân cận này. Vì thế, ý niệm tiếp xúc với một vũ trụ song song có thể không còn là một ý tưởng quá xa vời.

Nhưng chúng ta hãy giả sử trường hợp xấu nhất, rằng năng lượng mà tại đó các hiệu ứng hấp dẫn lượng tử phát sinh là năng lượng Planck, lớn hơn năng lượng của máy LHC một triệu tỉ lần. Để khám phá năng lượng Planck, một nền văn minh kiểu III sẽ phải tạo một máy đập vỡ nguyên tử có quy mô ở cấp độ sao. Trong các máy đập vỡ nguyên tử, hay các máy gia tốc hạt, các hạt hạ nguyên tử đi xuống một ống hẹp. Khi năng lượng được tiếp thêm vào trong đường ống, các hạt được gia tốc tới các năng lượng cao. Nếu chúng ta sử dụng các nam châm khổng lồ để uốn cong đường đi của các hạt thành một vòng tròn lớn, thì các hạt có thể được gia tốc tới hàng nghìn tỉ electron vôn năng lượng. Bán kính của vòng tròn càng lớn thì năng lượng của chùm tia lại càng lớn hơn. LHC có đường kính 27 km, đẩy giới hạn của năng lượng có thể có cho một nền văn minh kiểu 0,7.

Nhưng đối với một nền văn minh kiểu III, khả năng chế tạo một máy đập vỡ nguyên tử có kích thước bằng một hệ Mặt Trời hoặc thậm chí là một hệ sao là hoàn toàn có thể. Khi ấy một nền văn minh tiên tiến có thể bắn một chùm hạt hạ nguyên tử vào khoảng không vũ trụ và gia tốc chúng tới năng lượng Planck. Như chúng ta nhớ lại, với thế hệ mới của các máy gia tốc hạt laser, trong vòng vài thập kỷ tới các nhà vật lý sẽ có khả năng tạo ra một máy gia tốc trên mặt bàn có khả năng đạt tới 200 GeV (200 triệu electron vôn) trên khoảng cách 1 m. Bằng cách xếp các máy gia tốc trên mặt bàn này nối đuôi nhau, người ta hoàn toàn có thể đạt được các mức năng lượng mà tại đó không-thời gian trở nên không ổn định.

Nếu giả định rằng các máy gia tốc trong tương lai chỉ có thể tăng tốc các hạt tới 200 GeV/m, một giả định dè dặt, chúng ta sẽ cần một máy gia tốc hạt dài 10 năm ánh sáng để đạt được năng lượng Planck. Mặc dù nó vô cùng lớn đối với bất kỳ nền văn minh kiểu I hoặc kiểu II nào, nhưng nó sẽ nằm trong tầm với của một nền văn minh kiểu III. Để xây dựng một máy đập vỡ nguyên tử khổng lồ như vậy, một nền văn minh kiểu III có thể hoặc là uốn cong đường đi của chùm tia thành một vòng tròn, theo cách ấy tiết kiệm một lượng không gian đáng kể, hoặc là để cho con đường trải dài vượt qua cả ngôi sao gần nhất.

Chẳng hạn, người ta có thể xây dựng một máy đập vỡ nguyên tử bắn các hạt hạ nguyên tử dọc theo một đường tròn bên trong vành đai tiểu hành tinh. Bạn sẽ không cần phải xây dựng một đường ống tròn tốn kém, vì chân không của khoảng không vũ trụ tốt hơn bất kỳ chân không nào chúng ta có thể tạo ra trên Trái Đất. Nhưng bạn sẽ phải xây dựng các nam châm khổng lồ, được đặt tại các khoảng cách đều đặn trên các vệ tinh và các tiểu hành tinh xa xôi trong hệ Mặt Trời hoặc trong các hệ sao khác nhau, để định kỳ bẻ cong chùm tia.

Khi chùm tia đến gần một vệ tinh hay một tiểu hành tinh, các nam châm khổng lồ đặt trên vệ tinh khi đó sẽ kéo mạnh chùm tia, làm thay đổi hướng của nó rất nhẹ. (Các trạm Mặt Trăng hay tiểu hành tinh cũng sẽ phải điều chỉnh lại tiêu điểm cho chùm tia tại từng khoảng đều đặn, vì chùm tia sẽ dần dần chệch ra khi nó di chuyển xa hơn.) Khi chùm tia di chuyển qua vài vệ tinh, nó sẽ dần dần tạo thành một cung tròn. Cuối cùng, chùm tia sẽ di chuyển theo một hình dáng gần giống một vòng tròn. Người ta cũng có thể tưởng tượng hai chùm tia, một di chuyển theo chiều kim đồng hồ xung quanh hệ Mặt Trời, chùm kia ngược chiều kim đồng hồ. Khi hai chùm tia va chạm, năng lượng do va chạm vật chất/phản vật chất giải phóng sẽ tạo ra các mức năng lượng đạt tới năng lượng Planck. (Người ta có thể tính toán rằng từ trường cần thiết để uốn cong một chùm mạnh như vậy vượt xa công nghệ hiện nay. Tuy nhiên, có thể tưởng tượng được rằng một nền văn minh tiên tiến có thể sử dụng các vật liệu nổ để phóng một sóng cồn năng lượng mạnh qua các cuộn dây để tạo ra một xung từ trường cực lớn. Chóp năng lượng từ trường khổng lồ này có thể chỉ được giải phóng một lần, vì nó có khả năng phá hủy các cuộn dây, do đó các nam châm sẽ phải được nhanh chóng thay thế trước khi chùm hạt quay trở lại lần nữa.)

Bên cạnh các trở ngại kỹ thuật khủng khiếp để tạo ra một máy đập vỡ nguyên tử như vậy, cũng còn một câu hỏi tinh tế liệu rằng năng lượng của một chùm hạt có bị giới hạn hay không? Bất kỳ chùm các hạt mang năng lượng nào cuối cùng cũng sẽ va chạm với các photon tạo nên bức xạ nền 2,7 độ và do đó bị mất năng lượng. Theo lý thuyết, điều này quả thật có thể lấy đi quá nhiều năng lượng từ chùm tia tới mức cỗ máy phải đạt được một mức năng lượng tột cùng trong khoảng không vũ trụ. Kết quả này vẫn chưa được kiểm tra về mặt thực nghiệm. (Trên thực tế, có các dấu hiệu cho thấy các va chạm giữa tia vũ trụ mang nhiều năng lượng đã vượt quá năng lượng tối đa này, gây ra nghi ngờ với toàn bộ tính toán.) Tuy nhiên, nếu nó đúng, thì sẽ phải thực hiện sửa đổi tốn kém hơn cho cỗ máy. Trước tiên, người ta có thể bao quanh toàn bộ chùm tia trong một ống chân không với lớp che chắn không cho bức xạ nền 2,7 độ vào được. Hoặc, nếu thử nghiệm được thực hiện trong tương lai xa, có thể là bức xạ nền sẽ đủ nhỏ để nó không còn là vấn đề.

BƯỚC BẢY: TẠO CÁC CƠ CHẾ NỔ VÀO TRONG

Người ta cũng có thể tưởng tượng ra một thiết bị thứ hai, dựa trên các chùm tia laser và cơ chế nổ vào trong. Trong tự nhiên, các nhiệt độ và áp suất khủng khiếp thu được do cơ chế nổ vào trong, như khi một ngôi sao đang hấp hối đột ngột suy sụp dưới sức mạnh của lực hấp dẫn. Điều này là có thể vì lực hấp dẫn là chỉ hút mà không đẩy, do đó quá trình suy sụp diễn ra đồng đều, và ngôi sao bị nén đều tới mật độ khủng khiếp.

Cơ chế nổ vào trong này là rất khó tạo ra trên Trái Đất. Chẳng hạn, các quả bom nhiệt hạch phải được thiết kế giống như một chiếc đồng hồ Thụy Sĩ sao cho đoterua liti, thành phần kích hoạt của một quả bom nhiệt hạch, bị nén tới hàng chục triệu độ để đạt được các tiêu chí Lawson(1), mà tại đó quá trình hợp hạch xảy ra. (Điều này được thực hiện bằng cách nổ một quả bom nguyên tử bên cạnh đoterua liti, sau đó tập trung bức xạ tia X đồng đều trên bề mặt của một miếng đoterua liti.) Tuy nhiên, quá trình này giải phóng năng lượng dữ dội, không phải theo cách có kiểm soát.

Trên Trái Đất, các cố gắng sử dụng từ trường để nén khí giàu hyđrô đã thất bại, chủ yếu là do từ trường nén khí không đồng nhất. Vì chúng ta chưa bao giờ thấy một đơn cực trong tự nhiên, các từ trường đều là lưỡng cực, giống như từ trường Trái Đất. Kết quả là, chúng không hề đồng nhất. Sử dụng chúng để nén khí cũng giống như đang cố gắng bóp một quả bóng. Bất cứ khi nào bạn bóp một đầu, đầu kia của quả bóng lại phình ra.

Một cách khác để kiểm soát hợp hạch có thể là sử dụng một bộ các chùm tia laser, bố trí dọc theo bề mặt của một khối cầu, sao cho các chùm tia được bắn xuyên tâm vào một viên đoterua liti (LiD) nhỏ ở trung tâm. Chẳng hạn, tại Phòng thí nghiệm quốc gia Livermore, có một thiết bị laser/hợp hạch mạnh được sử dụng mô phỏng các vũ khí hạt nhân. Nó bắn một loạt các chùm tia laser xuống một đường hầm. Sau đó, các gương đặt ở cuối đường hầm phản xạ chính xác mỗi chùm tia, sao cho các chùm tia nhắm xuyên tâm vào viên LiD. Bề mặt của viên LiD ngay lập tức bốc hơi, nó nổ vào trong và sinh ra nhiệt độ cực lớn. Theo kiểu này, hợp hạch thực sự xảy ra bên trong viên LiD (dù vậy cỗ máy tiêu thụ nhiều năng lượng hơn là nó tạo ra và do đó là không hiệu quả về mặt thương mại).

Tương tự, một nền văn minh kiểu III có thể xây dựng các dãy các chùm tia laser lớn trên các tiểu hành tinh và các vệ tinh của các hệ sao khác nhau. Bộ các máy phát laser này sau đó sẽ bắn cùng lúc, giải phóng một loạt các chùm tia mạnh hội tụ vào một điểm duy nhất, tạo ra các nhiệt độ mà tại đó không gian và thời gian trở nên không ổn định.

---

(1) Đặt theo tên nhà vật lý người Anh là John David Lawson (1923-2008), phát biểu thành công thức năm 1955 và công bố năm 1957.

Về nguyên tắc, không có giới hạn lý thuyết cho lượng năng lượng mà người ta có thể đặt trên một tia laser. Tuy nhiên, có các vấn đề thực tiễn với việc tạo ra các tia laser năng lượng cực cao. Một trong những vấn đề chủ yếu là sự ổn định của vật liệu chế tạo máy laser, thường sẽ quá nóng và nứt ra ở các năng lượng cao. (Điều này có thể được khắc phục thông qua việc lái chùm tia laser bằng một vụ nổ xảy ra chỉ một lần, chẳng hạn như các vụ nổ hạt nhân.)

Mục đích của việc bắn dãy hình cầu các chùm tia laser này là nung nóng một buồng để tạo ra chân không giả bên trong, hoặc để nổ vào trong và nén một bộ các tấm để tạo ra năng lượng âm thông qua hiệu ứng Casimir. Để tạo một thiết bị năng lượng âm như vậy, người ta sẽ cần nén một bộ các tấm hình cầu tới phạm vi độ dài Planck là 10^{-33} cm. Vì khoảng cách chia tách các nguyên tử là 10^{-8} cm, và khoảng cách giữa các proton và nơtron trong hạt nhân là 10^{-13} cm, bạn thấy rằng sức nén các tấm này phải rất lớn. Vì tổng lượng điện năng mà người ta có thể tích lũy trên một tia laser về cơ bản là không hạn chế, vấn đề chính là tạo ra một bộ máy ổn định đủ để tồn tại dưới sức nén rất lớn này. (Vì hiệu ứng Casimir tạo ra sức hút ròng giữa các tấm, chúng ta cũng sẽ phải bổ sung điện tích cho các tấm để ngăn chúng không bị suy sụp.) Về nguyên tắc, một lỗ giun sẽ phát triển trong khối cầu kết nối vũ trụ đang hấp hối của chúng ta với một vũ trụ trẻ hơn nhiều và nóng hơn nhiều.

BƯỚC TÁM: XÂY DỰNG MỘT CỖ MÁY ĐỘNG CƠ CONG

Một yếu tố then chốt cần thiết để lắp ráp thiết bị miêu tả trên đây là khả năng di chuyển qua các khoảng cách rộng lớn liên sao. Một cách có thể làm việc đó là sử dụng cỗ máy động cơ cong Alcubierre, được nhà vật lý Miguel Alcubierre đề xuất lần đầu vào năm 1994. Một cỗ máy động cơ cong không làm thay đổi tô pô của không gian bằng cách đục một lỗ và nhảy vào siêu không gian. Nó chỉ đơn giản co không gian ở phía trước bạn đồng thời dãn không gian phía sau bạn. Hãy hình dung việc đi qua một tấm thảm để tới một cái bàn. Thay vì đi trên tấm thảm, bạn có thể quăng dây thòng lọng vào cái bàn và từ từ kéo nó về phía bạn, làm cho tấm thảm co cụm lại ở phía trước bạn. Vì thế, bạn đã di chuyển rất ít, thay vào đó, không gian ở phía trước bạn đã co lại.

Hãy nhớ rằng bản thân không gian có thể mở rộng nhanh hơn tốc độ ánh sáng (vì không có thông tin ròng nào được truyền đi bởi một không gian trống rỗng đang dãn nở). Tương tự như vậy, có thể có khả năng di chuyển nhanh hơn tốc độ ánh sáng bằng cách co không gian nhanh hơn tốc độ ánh sáng. Trên thực tế, khi du hành tới một ngôi sao gần kề, chúng ta có thể hoàn toàn không rời khỏi Trái Đất; chúng ta đơn thuần làm suy sụp không gian ở phía trước chúng ta và mở rộng không gian phía sau chúng ta. Thay vì du hành tới Alpha Centauri, ngôi sao gần nhất(1), chúng ta đưa Alpha Centauri về với chúng ta.

Alcubierre đã chỉ ra rằng đây là một giải pháp khả thi của các phương trình Einstein - nghĩa là nó nằm trong phạm vi các định luật vật lý. Nhưng cái giá của nó là bạn sẽ phải sử dụng một lượng lớn năng lượng cả âm lẫn dương để cung cấp năng lượng cho tàu vũ trụ của bạn. (Năng lượng dương có thể được dùng để nén không gian ở phía trước bạn và năng lượng âm để kéo dài khoảng cách phía sau bạn.) Để sử dụng hiệu ứng Casimir tạo ra năng lượng âm này, các tấm sẽ phải được phân cách ở khoảng cách Planck, 10^{-33} cm - quá nhỏ nên không thể đạt được bằng các phương tiện thông thường. Để xây dựng một tàu vũ trụ như vậy, bạn sẽ cần phải xây dựng một khối cầu lớn và để các hành khách ở bên trong. Trên các mặt của bong bóng này, bạn sẽ đặt một dải năng lượng âm dọc theo xích đạo của nó. Các hành khách bên trong bong bóng sẽ không bao giờ di chuyển,

---

1. Tác giả muốn nói tới Proxima Centauri (Cận Tinh hoặc Alpha Centauri C), ngôi sao được coi là đồng hành cùng hệ sao đôi Alpha Centauri AB, tạo nên hệ sao ba Alpha Centauri AB-C. Proxima Centauri không nhìn thấy được bằng mắt thường.

nhưng không gian ở phía trước bong bóng sẽ co lại nhanh hơn ánh sáng, sao cho khi hành khách rời khỏi bong bóng, họ có thể đã tới một ngôi sao gần kề.

Trong bài báo gốc của mình, Alcubierre đã đề cập rằng giải pháp của ông có thể không chỉ đưa ta tới các vì sao, nó cũng có thể mở ra cơ hội cho du hành trong thời gian. Hai năm sau, nhà vật lý Allen E. Everett đã chỉ ra rằng nếu người ta có hai tàu vũ trụ như vậy, du hành trong thời gian sẽ hoàn toàn có thể bằng cách đặt động cơ cong liên tiếp. Như nhà vật lý Gott từ Princeton phát biểu: "Như vậy, dường như là Gene Roddenberry, tác giả của *Du hành tới các vì sao*, đã đúng khi gộp tất cả các tình tiết du hành thời gian đó vào tác phẩm của mình!"

Nhưng phân tích sau đó của nhà vật lý Nga Sergei Krasnikov đã phát hiện một lỗ hổng trong giải pháp này. Ông chỉ ra rằng phần bên trong tàu vũ trụ không kết nối với không gian bên ngoài tàu, do vậy các thông điệp không thể vượt qua ranh giới là thân tàu - nghĩa là, một khi đã ở bên trong tàu, bạn không thể thay đổi đường đi của tàu vũ trụ. Đường đi phải được bố trí trước khi thực hiện chuyến đi. Điều này thật đáng thất vọng. Nói cách khác, bạn đơn giản không thể quay đĩa số và thiết lập hành trình về phía ngôi sao gần nhất. Nhưng nó có nghĩa là một tàu vũ trụ lý thuyết như vậy có thể làm một đường sắt nối các vì sao, một hệ thống liên sao mà trong đó các tàu vũ trụ rời đi tại các khoảng đều đặn. Chẳng hạn, người ta có thể xây dựng tuyến đường sắt này bằng cách trước hết sử dụng các tên lửa thông thường di chuyển với tốc độ thấp hơn ánh sáng để xây dựng các nhà ga đường sắt tại các khoảng đều đặn giữa các vì sao. Sau đó, tàu vũ trụ sẽ đi lại giữa các nhà ga này với tốc độ siêu ánh sáng theo một lịch trình với các chuyến đi và đến ấn định.

Gott viết: "Một nền siêu văn minh trong tương lai có thể muốn bắt đầu xây dựng các con đường động cơ cong giữa các vì sao cho các tàu vũ trụ đi qua, cũng như nó có thể thiết lập các liên kết lỗ giun giữa các vì sao. Một mạng lưới các con đường động cơ cong thậm chí có thể dễ dàng tạo ra hơn một con đường cấu thành từ các lỗ giun vì các động cơ cong sẽ chỉ đòi hỏi sự biến đổi của không gian hiện hữu chứ không thiết lập các hố mới kết nối các khu vực xa xăm".*

Nhưng chính xác vì một tàu vũ trụ như vậy phải di chuyển trong phạm vi vũ trụ hiện hữu, nên không thể sử dụng nó để rời khỏi vũ trụ. Tuy nhiên, động cơ Alcubierre có thể giúp chế tạo một thiết bị để đào thoát khỏi vũ trụ. Một tàu vũ trụ như vậy có thể có ích, ví dụ như trong việc tạo ra các dây vũ trụ đang va chạm mà Gott đã đề cập, có thể đưa một nền văn minh tiên tiến trở lại quá khứ của chính nó, khi vũ trụ của nó còn ấm áp hơn nhiều.

BƯỚC CHÍN: SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG ÂM TỪ CÁC TRẠNG THÁI NÉN

Trong chương năm, tôi đã đề cập rằng các chùm tia laser có thể tạo ra các "trạng thái nén" có thể được sử dụng nhằm sinh ra vật chất âm để mở và ổn định các lỗ giun. Khi một xung laser mạnh va vào một vật liệu quang đặc biệt, nó tạo ra các cặp photon phía sau nó. Các photon này luân phiên tăng cường và ngăn chặn các thăng giáng lượng tử tìm thấy trong chân không, tạo ra các xung năng lượng cả dương lẫn âm. Tổng của hai xung năng lượng này luôn luôn là một năng lượng dương, sao cho chúng ta không vi phạm các định luật vật lý đã biết.

Năm 1978, nhà vật lý Lawrence Ford từ Đại học Tufts đã chứng minh ba định luật mà năng lượng âm như vậy phải tuân theo, và chúng trở thành đối tượng được tích cực nghiên cứu kể từ đó. Trước hết, Ford thấy rằng lượng năng lượng âm trong một xung tỉ lệ nghịch với quy mô không gian và thời gian của nó - nghĩa là, xung năng lượng âm càng mạnh thì thời gian tồn tại của nó càng ngắn. Vì vậy, nếu chúng ta dùng tia laser tạo ra một chóp lớn năng lượng âm để mở một lỗ giun, nó chỉ có thể kéo dài trong một thời gian cực kỳ ngắn. Thứ hai, một xung âm luôn luôn đi kèm theo một xung năng lượng dương lớn hơn (do đó tổng vẫn là dương). Thứ ba, khoảng cách giữa hai xung này càng dài thì xung dương phải càng lớn hơn.

Theo các quy luật chung này, người ta có thể định lượng các điều kiện mà theo đó một tia laser hoặc các tấm Casimir có thể sản xuất năng lượng âm. Trước hết, người ta có thể thử tách xung năng lượng âm ra khỏi xung năng lượng dương theo sau bằng cách chiếu một chùm laser vào một hộp rồi có một cửa chớp đóng lại ngay lập tức sau khi xung năng lượng âm tiến vào. Kết quả là chỉ có xung năng lượng âm tiến vào hộp. Về nguyên tắc, các lượng năng lượng âm khổng lồ có thể được rút ra theo cách này, theo sau là một xung năng lượng dương thậm chí còn lớn hơn (bị cửa chớp giữ lại bên ngoài hộp). Khoảng cách giữa hai xung có thể khá dài, miễn là năng lượng của xung dương lớn. Theo lý thuyết, điều này có vẻ là một cách lý tưởng tạo ra các lượng năng lượng âm không hạn chế cho một cỗ máy thời gian hay một lỗ giun.

Thật không may, có một trở ngại tiềm ẩn. Chính hoạt động đóng cửa chớp tạo ra một xung năng lượng dương thứ hai bên trong hộp. Trừ phi các biện pháp phòng ngừa đặc biệt được thực hiện, xung năng lượng âm sẽ bị phá hủy hoàn toàn. Điều này vẫn sẽ là một kỳ công công nghệ mà một nền văn minh tiên tiến phải giải quyết: tách một xung năng lượng âm mạnh ra khỏi xung năng lượng dương theo sau mà không sinh ra một xung phụ phá hủy hoàn toàn xung năng lượng âm.

Ba quy luật này có thể áp dụng cho hiệu ứng Casimir. Nếu chúng ta tạo ra một lỗ giun kích thước 1 m, chúng ta phải có năng lượng âm tập trung trong một dải không quá 10^{-22} m (một phần triệu kích thước của một proton). Một lần nữa, chỉ một nền văn minh cực kỳ tiên tiến mới có khả năng tạo ra công nghệ cần thiết để xử lý các khoảng cách hoặc các khoảng thời gian vô cùng nhỏ này.

BƯỚC MƯỜI: CHỜ ĐỢI CÁC CHUYỂN TIẾP LƯỢNG TỬ

Như chúng ta đã thấy trong chương mười, các sinh vật có trí tuệ đang đối mặt với một vũ trụ nguội dần đi có thể phải suy nghĩ chậm hơn và ngủ đông trong một thời gian dài. Quá trình làm chậm tốc độ tư duy này có thể tiếp tục trong hàng nghìn tỉ năm, đủ thời gian cho các sự kiện lượng tử xảy ra. Thông thường, chúng ta có thể bỏ qua sự sinh ra tự phát của các vũ trụ bong bóng và sự chuyển tiếp tới các vũ trụ lượng tử khác, vì chúng sẽ là các sự kiện quả là cực kỳ hiếm. Tuy nhiên, trong giai đoạn 5, các sinh vật có trí tuệ có thể suy nghĩ chậm tới mức các sự kiện lượng tử như vậy có thể trở thành tương đối phổ biến. Trong thời gian chủ quan của chính họ, tốc độ tư duy đối với họ có thể là hoàn toàn bình thường, cho dù quy mô thời gian thực tế sẽ dài tới mức các sự kiện lượng tử xảy ra thường xuyên.

Nếu như thế, các sinh vật như vậy sẽ chỉ phải chờ đợi cho tới khi các lỗ giun xuất hiện và các chuyển tiếp lượng tử xảy ra để thoát vào một vũ trụ khác. (Mặc dù các sinh vật này có thể thấy sự phổ biến của các chuyển tiếp lượng tử, nhưng các sự kiện lượng tử này lại hoàn toàn không thể đoán trước; sẽ rất khó để thực hiện sự chuyển tiếp tới một vũ trụ khác khi người ta không biết chính xác cửa ngõ có thể mở khi nào hoặc nó sẽ dẫn tới nơi nào. Các sinh vật này có thể phải nắm bắt cơ hội để rời bỏ vũ trụ ngay khi một lỗ giun đã mở ra, trước khi kịp phân tích đầy đủ các tính chất của nó.)

BƯỚC MƯỜI MỘT: HY VỌNG CUỐI CÙNG

Bây giờ giả sử tất cả các thử nghiệm với các lỗ giun và các lỗ đen đối mặt với một vấn đề dường như không thể vượt qua: các lỗ giun ổn định duy nhất lại cực nhỏ, chỉ bằng kích thước hạ nguyên tử. Cũng giả sử rằng chuyến đi xuyên qua một lỗ giun có thể gây ra các ứng suất không thể chịu được lên cơ thể chúng ta, ngay cả trong một con tàu được bảo vệ. Bất kỳ loại thách thức nào, chẳng hạn như các lực thủy triều mãnh liệt, các trường bức xạ, mảnh vụn rơi lao vào, sẽ gây nên cái chết. Nếu đúng như thế, sự sống có trí tuệ trong vũ trụ của chúng ta lúc ấy sẽ chỉ có một lựa chọn: bơm đủ thông tin vào một vũ trụ mới để tái tạo nền văn minh của chúng ta ở phía bên kia của lỗ giun.

Trong tự nhiên, khi các sinh vật sống phải đối mặt với một môi trường vô cùng khắc nhiệt, chúng đôi khi nghĩ ra các phương pháp tài tình để tồn tại. Một số loài động vật có vú ngủ đông. Một số loài cá và ếch nhái có các chất chống đông luân chuyển trong các chất dịch của cơ thể cho phép chúng sống ở trạng thái bị đông lạnh. Các loài nấm tránh khỏi tuyệt chủng bằng cách biến đổi thành các bào tử. Tương tự như vậy, con người có thể phải tìm một cách để thay đổi sự tồn tại thể chất của họ nhằm sống sót trong chuyến đi tới vũ trụ khác.

Hãy suy nghĩ về cây sồi phát tán các hạt nhỏ ra mọi hướng. Các hạt là: (a) nhỏ, mau phục hồi và rắn chắc; (b) chúng chứa toàn bộ nội dung ADN của cây; (c) chúng được trù tính để di chuyển đến một khoảng cách nhất định từ cây mẹ; (d) chúng chứa đủ thức ăn để bắt đầu quá trình tái sinh trong một vùng đất xa xôi; (e) chúng mọc rễ bằng cách hấp thụ chất dinh dưỡng và năng lượng từ đất để vươn lên trên những vùng đất mới. Tương tự như vậy, một nền văn minh có thể thử bắt chước thiên nhiên bằng cách gửi "hạt giống" của nó xuyên qua một lỗ giun, sử dụng công nghệ nano tiên tiến nhất có sẵn sau hàng tỉ năm nữa, để sao chép các tính chất quan trọng này.

Như Stephen Hawking đã nói: "Dường như... thuyết lượng tử cho phép du hành trong thời gian trên một nền tảng cực nhỏ."* Nếu Hawking đúng, các thành viên của một nền văn minh tiên tiến có thể quyết định thay đổi sự tồn tại thể chất của họ thành một cái gì đó có thể sống sót qua cuộc hành trình gian nan ngược trở lại thời gian hoặc tới vũ trụ khác, kết hợp nguyên tử cacbon với silic và biến đổi ý thức của họ thành thông tin thuần túy. Trong phân tích cuối cùng, các cơ thể lấy cacbon làm cơ sở của chúng ta cũng có thể quá mỏng manh để có thể vượt qua được cuộc hành trình gian khổ và rất quan trọng này. Trong tương lai rất xa nữa, chúng ta có thể hợp nhất ý thức với sáng tạo người máy, sử dụng kỹ thuật ADN tiên tiến, công nghệ nano và khoa học về người máy. Theo các tiêu chuẩn hiện nay thì điều này nghe có vẻ kỳ quái, nhưng một nền văn minh hàng tỉ đến hàng nghìn tỉ năm trong tương lai có thể thấy đó là cách duy nhất để tồn tại.

Họ có thể cần phải sáp nhập trực tiếp các bộ não và các tính cách của họ vào các cỗ máy. Điều này có thể được thực hiện theo vài cách. Người ta có thể tạo ra một chương trình phần mềm máy tính phức tạp có khả năng sao chép lại tất cả các quá trình tư duy, để chúng mang các đặc điểm giống hệt của chúng ta. Hans Moravec từ Đại học Carnegie-Mellon lại ấp ủ một chương trình tham vọng hơn. Ông tuyên bố rằng, trong tương lai xa, chúng ta có thể mô phỏng kiến trúc bộ não của chúng ta (lần lượt từng nơron một) vào các tranzito silic. Mỗi kết nối nơron thần kinh trong bộ não sẽ được thay thế bằng một tranzito tương ứng, tranzito này sẽ hoạt động với chức năng giống như của nơron bên trong một người máy.*

Vì các lực thủy triều và các trường bức xạ có thể có khả năng rất mãnh liệt, nên các nền văn minh trong tương lai sẽ phải đem theo lượng tối thiểu tuyệt đối nhiên liệu, lớp bảo vệ và các chất dinh dưỡng cần thiết để tái tạo loài chúng ta ở phía bên kia của một lỗ giun. Sử dụng công nghệ nano, nền văn minh này có khả năng gửi các chuỗi cực nhỏ qua lỗ giun bên trong một thiết bị không rộng hơn một tế bào.

Nếu lỗ giun vô cùng nhỏ, ở quy mô một nguyên tử, các nhà khoa học sẽ phải gửi các ống nano lớn chế tạo từ các nguyên tử cá thể, mã hóa lượng lớn thông tin đủ để tái tạo toàn bộ loài ở phía bên kia. Nếu lỗ giun chỉ có kích thước cỡ một hạt hạ nguyên tử, các nhà khoa học sẽ phải nghĩ ra một cách để gửi các hạt nhân qua lỗ giun có thể tóm lấy các electron ở phía bên kia và tái tạo lại chính chúng thành các nguyên tử và phân tử. Nếu một lỗ giun thậm chí còn nhỏ hơn, có lẽ các chùm tia laser hợp thành từ các tia X hay các tia gamma có bước sóng nhỏ có thể được sử dụng để gửi các mã phức tạp xuyên qua lỗ giun, cho chỉ dẫn về việc tái tạo nền văn minh ở phía bên kia như thế nào.

Mục tiêu của một truyền dẫn như vậy sẽ là tái tạo một "người máy nano" cực nhỏ ở phía bên kia lỗ giun, mà nhiệm vụ của nó sẽ là tìm một môi trường thích hợp để tái sinh nền văn minh của chúng ta. Vì nó sẽ được xây dựng trên quy mô nguyên tử, sẽ không cần các tên lửa đẩy lớn hay một lượng lớn nhiên liệu để tìm một hành tinh thích hợp. Trên thực tế, có thể không khó khăn để đạt tới tốc độ ánh sáng vì tương đối dễ dàng phóng các hạt hạ nguyên tử tới gần tốc độ ánh sáng bằng cách sử dụng các điện trường. Ngoài ra, sẽ không cần hỗ trợ sự sống hoặc các phần cứng không gọn gàng khác, vì người máy nano chủ yếu mang thông tin thuần túy cần thiết để tái sinh loài.

Một khi người máy nano tìm thấy một hành tinh mới, nó sẽ tạo ra một nhà máy lớn sử dụng các nguyên liệu đã có sẵn trên hành tinh này để xây dựng nhiều bản sao của chính nó và tạo ra một phòng thí nghiệm nhân bản lớn. Các trình tự ADN cần thiết có thể được sản xuất trong phòng thí nghiệm này và sau đó tiêm vào các tế bào để bắt đầu quá trình tái sinh toàn bộ cơ thể và cuối cùng là toàn bộ loài. Các tế bào này trong phòng thí nghiệm sau đó sẽ phát triển đầy đủ thành các sinh vật trưởng thành, với trí nhớ và cá tính của con người ban đầu được đặt trong bộ não.

Theo ý nghĩa nào đó, quá trình này sẽ tương tự như tiêm ADN của chúng ta (toàn bộ lượng thông tin của một nền văn minh kiểu III hoặc hơn thế) vào một "tế bào trứng", chứa các chỉ dẫn di truyền có khả năng tái tạo một phôi ở phía bên kia. "Trứng được thụ tinh" sẽ rất gọn nhẹ, chắc chắn và linh động, nhưng chứa toàn bộ thông tin cần thiết để tái tạo một nền văn minh kiểu III. Một tế bào điển hình của người chỉ chứa 30.000 gen, được sắp xếp trên 3 tỉ cặp bazơ ADN, nhưng mẩu thông tin ngắn gọn này đủ để tái tạo toàn bộ con người, có sử dụng các các nguồn dự trữ tìm thấy ngoài tinh dịch (chất dinh dưỡng do mẹ cung cấp). Tương tự, "trứng vũ trụ" có thể bao gồm toàn bộ thông tin cần thiết để tái sinh một nền văn minh tiên tiến; các nguồn dự trữ để làm việc này (nguyên liệu, dung môi, kim loại, v.v.) sẽ được lấy ở phía bên kia. Theo cách này, một nền văn minh tiên tiến, chẳng hạn như một kiểu III Q, có thể có khả năng sử dụng công nghệ vô cùng tân tiến để gửi đủ thông tin (khoảng 10^{24} bit thông tin) qua một lỗ giun nhằm tái tạo nền văn minh của họ ở phía bên kia.

Hãy cho phép tôi nhấn mạnh rằng mỗi bước tôi đã đề cập trong quá trình này hoàn toàn vượt quá khả năng hiện nay đến mức giống như khoa học giả tưởng. Nhưng hàng tỉ năm sau, đối với một nền văn minh kiểu III Q đang đối mặt với sự tuyệt chủng, nó có thể là con đường duy nhất dẫn tới sự cứu nguy. Chắc chắn, không có gì trong các định luật vật lý hay sinh học ngăn chặn điều này xảy ra. Quan điểm của tôi là cái chết của vũ trụ có thể không nhất thiết dẫn tới cái chết của sự sống có trí tuệ. Tất nhiên, nếu tồn tại khả năng truyền tải thông tin từ một vũ trụ tới một vũ trụ khác, nó bỏ ngỏ khả năng rằng một dạng sự sống từ vũ trụ khác, đang đối mặt với vụ đóng băng lớn, cũng đang cố tìm kiếm ở phần xa xôi nào đó trong vũ trụ của chính chúng ta, một nơi ấm áp và mến khách hơn.

Nói cách khác, thuyết trường thống nhất, thay vì là một sự tò mò tao nhã vô dụng, cuối cùng có thể cung cấp bản kế hoạch chi tiết giúp sự sống có trí tuệ trong vũ trụ có thể sinh tồn.

CHƯƠNG MƯỜI HAI

BÊN KIA ĐA VŨ TRỤ

> *Kinh Thánh* dạy chúng ta làm thế nào để đi tới thiên đường, chứ không phải các thiên đường đi như thế nào.
>
> \- Lời Hồng y Baronius, Galileo nhắc lại trong vụ xử ông

> Tại sao luôn tồn tại cái gì đó, chứ không phải hư vô? Sự bồn chồn muốn giữ cho chiếc đồng hồ siêu hình học chạy không bao giờ dừng là ý tưởng cho rằng việc thế giới không tồn tại cũng là một khả năng có thể xảy ra như việc thế giới tồn tại.
>
> \- William James

> Trải nghiệm đẹp nhất chúng ta có thể có được là cái huyền bí. Đó là cảm xúc nền tảng đứng bên cạnh chiếc nôi nghệ thuật và khoa học chân chính. Bất cứ ai không biết đến nó và có thể không còn ngạc nhiên hay băn khoăn về nó, thì có khác nào đã chết, và đôi mắt anh ta đã mờ mất rồi.
>
> \- Albert Einstein

Năm 1863, Thomas H. Huxley đã viết: "Câu hỏi then chốt của mọi câu hỏi đối với nhân loại, vấn đề đứng đằng sau mọi vấn đề khác và thú vị hơn bất kỳ vấn đề nào trong đó, là xác định vị trí của con người trong tự nhiên và mối quan hệ của nó với Vũ trụ."*

Huxley, bị gán cho biệt danh "con chó bulldog của Darwin", là một người bảo vệ quyết liệt học thuyết tiến hóa trước một xã hội Anh vô cùng bảo thủ thời Victoria. Xã hội Anh coi nhân loại đứng kiêu hãnh ở trung tâm của Sáng thế; không chỉ vì hệ Mặt Trời là trung tâm của vũ trụ, mà nhân loại cũng là thành tựu quan trọng nhất trong sáng tạo của Chúa, đỉnh cao của công trình thần thánh mà bàn tay Ngài tạo ra. Chúa đã tạo ra chúng ta theo hình ảnh của chính Ngài.

Bằng việc công khai thách thức tính chính thống tôn giáo này, Huxley đã phải bảo vệ học thuyết Darwin chống lại hàng loạt chỉ trích do bộ máy tôn giáo phát động, qua đó giúp thiết lập nên một sự hiểu biết mang tính khoa học hơn về vai trò của chúng ta trong cây phả hệ sự sống. Ngày nay, chúng ta công nhận rằng, trong số những người khổng lồ của khoa học, Newton, Einstein và Darwin giống như những nghĩa binh xác định vị trí chính đáng của chúng ta trong vũ trụ.

Mỗi người trong số họ đã vật lộn với các hệ lụy thần học và triết học trong công trình của mình để xác định vai trò của chúng ta trong vũ trụ. Trong phần kết luận của *Những nguyên lý*, Newton tuyên bố: "Hệ thống đẹp nhất gồm mặt trời, các hành tinh và các sao chổi chỉ có thể khởi nguồn từ dự định và quyền thống trị của một Đấng Chí tôn thông minh và quyền năng." Nếu Newton đã phát hiện ra các định luật về chuyển động, thì chắc hẳn phải có một đấng thần linh áp đặt định luật.

Chính Einstein cũng tin vào sự tồn tại của một đấng cao xanh mà ông gọi là Ông Tạo (Old One), nhưng là Ngài đã không can thiệp vào công việc của con người. Mục tiêu của ông, thay vì tôn vinh Chúa, là để "đọc được Ý Chúa". Ông vẫn thường nói: "Tôi muốn biết Chúa đã tạo ra thế giới này như thế nào. Tôi không quan tâm tới hiện tượng này hay hiện tượng kia. Tôi muốn biết những ý nghĩ của Chúa. Phần còn lại là các tiểu tiết."* Einstein muốn biện minh cho mối quan tâm sâu sắc của ông tới các vấn đề thần học này khi kết luận: "Khoa học không có tôn giáo thì què quặt. Nhưng tôn giáo không có khoa học thì mù quáng."*

Nhưng bản thân Darwin cũng bị chia rẽ vô vọng ở câu hỏi về vai trò của nhân loại trong vũ trụ. Mặc dù được ghi nhận là người đã phế truất loài người khỏi trung tâm của vũ trụ sinh học, nhưng ông đã thú nhận trong tự truyện của mình rằng: "Thật khó hay đúng hơn là không thể hiểu nổi vũ trụ bao la và kỳ diệu này, bao gồm cả con người với năng lực nhìn xa vào quá khứ và tương lai, lại là kết quả của một sự may rủi hoặc quy luật tất yếu."* Ông đã tâm sự với một người bạn: "Thần học của tôi chỉ đơn giản là một mớ lộn xộn."*

Thật không may, "việc xác định vị trí của con người trong tự nhiên và trong quan hệ với Vũ trụ" chứa đựng đầy rẫy nguy hiểm, nhất là đối với những ai dám thách thức giáo điều cứng nhắc của tôn giáo chính thống đang thống trị. Không phải ngẫu nhiên mà Nicolaus Copernicus lại viết cuốn sách tiên phong của ông, *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Bàn về chuyển động của các thiên thể) trên giường bệnh vào năm 1543, ngoài tầm tay bệnh hoạn của Tòa án dị giáo. Cũng là tất yếu việc Galileo, người đã được các nhà bảo trợ quyền uy trong gia tộc Medici bảo vệ quá lâu, cuối cùng cũng phải hứng chịu cơn thịnh nộ của Vatican vì truyền bá một công cụ đã tiết lộ một vũ trụ mâu thuẫn sâu sắc với học thuyết của nhà thờ: kính thiên văn.

Sự pha trộn của khoa học, tôn giáo và triết học quả thật có tác động rất mạnh, dễ thay đổi tới mức nhà triết học vĩ đại Giordano Bruno đã bị thiêu sống trên giàn thiêu giữa phố phường Rome vào năm 1600 vì không chịu từ bỏ niềm tin về sự tồn tại của vô số các hành tinh trên trời, là nơi chứa vô số các sinh vật. Ông đã viết: "Như thế thì sự xuất sắc của Chúa đã được khuếch đại và sự vĩ đại của vương quốc của Ngài đã trở nên hiển nhiên; Ngài được tôn vinh không chỉ trong một, mà trong cơ man các mặt trời, không chỉ trên một trái đất duy nhất, một thế giới duy nhất, mà trong hàng nghìn hàng nghìn, ý tôi là trong vô hạn các thế giới."*

Tội lỗi của Galileo và Bruno không phải là họ dám tiết lộ các quy luật của trời cao; tội lỗi thật sự của họ là đã phế truất loài người khỏi vị trí cao quý của nó ở trung tâm vũ trụ. Phải mất trên 350 năm, cho tới năm 1992, Vatican mới đưa ra lời xin lỗi muộn màng đối với Galileo. Cho tới nay không một lời xin lỗi nào được đưa ra đối với Bruno.

VIỄN CẢNH LỊCH SỬ

Kể từ thời Galileo, một loạt các cuộc cách mạng đã lật ngược quan niệm của chúng ta về vũ trụ và vai trò của chúng ta trong đó. Trong suốt thời Trung đại, vũ trụ đã được xem là một cấm địa tăm tối. Trái Đất giống như một sân khấu nhỏ bằng phẳng, đầy thối nát và tội lỗi, được một thiên cầu bí ẩn bao quanh, nơi các điềm báo như sao chổi có thể làm vua chúa và dân thường kinh hãi. Và nếu chúng ta thiếu lòng tôn kính Chúa và giáo hội của mình, chúng ta sẽ đối mặt với sự phẫn nộ của các nhà phê bình sân khấu là các thành viên tự cho mình là đúng của Tòa án dị giáo và các công cụ khuất phục gớm ghiếc của họ.

Newton và Einstein đã giải thoát chúng ta khỏi mê tín dị đoan và chủ nghĩa thần bí của quá khứ. Newton đã cho chúng ta các định luật cơ học chính xác dẫn dắt mọi thiên thể, bao gồm cả thiên thể của chính chúng ta. Trên thực tế, các định luật này chính xác tới mức con người đã trở thành những con vẹt học thuộc lòng chúng. Einstein đã cách mạng hóa cách chúng ta xem xét sân khấu cuộc sống. Không những chúng ta không thể định rõ một phép đo thời gian và không gian thống nhất, mà bản thân sân khấu cũng cong. Sân khấu không chỉ được thay thế bằng một tấm cao su bị kéo dãn, mà nó cũng đang dãn nở.

Cuộc cách mạng lượng tử đã vẽ nên một bức tranh thậm chí còn kỳ quái hơn về thế giới. Một mặt, thuyết tất định sụp đổ, có nghĩa là các con rối biểu diễn đã được phép cắt bỏ dây dợ ràng buộc và tự đọc các câu thoại của chính mình. Ý chí tự do đã được khôi phục, nhưng cái giá phải trả là có nhiều kết quả khác nhau và không chắc chắn. Điều này có nghĩa là các diễn viên có thể ở hai nơi cùng một lúc và có thể thoắt ẩn thoắt hiện. Ta không thể đoán trước chắc chắn một diễn viên sẽ xuất hiện ở đâu và vào lúc nào trên sân khấu.

Giờ đây, quan niệm về đa vũ trụ đã làm thay đổi mạnh mẽ thế giới quan của chúng ta, khiến chính khái niệm "vũ trụ" có thể trở nên lỗi thời. Với đa vũ trụ, sẽ có các sân khấu song song, sân khấu này nằm trên sân khấu kia, với các cửa sập và các đường hầm ẩn nối liền chúng. Trên thực tế, các sân khấu lại làm nảy sinh các sân khấu khác, trong một quá trình Sáng thế không ngừng nghỉ. Trên từng sân khấu, lại xuất hiện các định luật mới của vật lý. Và có lẽ chỉ trên một ít các sân khấu này thì các điều kiện cho sự sống và ý thức mới được đáp ứng.

Ngày nay, chúng ta là các diễn viên đang sống trong hồi 1, tại thời kỳ bắt đầu khám phá các kỳ quan vũ trụ của sân khấu này. Trong hồi 2, nếu chúng ta không tự hủy diệt hành tinh của mình bằng chiến tranh hay ô nhiễm, thì chúng ta có thể có khả năng rời khỏi Trái Đất và khám phá các vì sao cùng các thiên thể khác. Nhưng hiện nay chúng ta đang ý thức được rằng có một cảnh cuối, là hồi 3, khi vở kịch kết thúc, và tất cả các diễn viên sẽ bỏ mạng. Trong hồi 3, sân khấu trở nên lạnh tới mức sự sống không thể tồn tại. Sự cứu nguy duy nhất là tất cả rời bỏ sân khấu thông qua một cửa sập và lại bắt đầu từ đầu bằng một vở kịch mới trên sân khấu mới.

NGUYÊN LÝ COPERNICUS ĐỐI LẬP VỚI NGUYÊN LÝ VỊ NHÂN

Rõ ràng, trong quá trình chuyển đổi từ chủ nghĩa thần bí thời Trung đại tới vật lý lượng tử ngày nay, vai trò và vị trí của chúng ta trong vũ trụ đã chuyển dịch mạnh mẽ sau mỗi cuộc cách mạng khoa học. Thế giới của chúng ta đã được mở rộng theo cấp số mũ, buộc chúng ta phải thay đổi quan niệm về bản thân. Khi xem xét tiến trình lịch sử này, đôi khi tôi bị chi phối bởi hai cảm xúc trái ngược, khi tôi chiêm ngưỡng hằng hà sa số các ngôi sao trên trời hoặc suy ngẫm về vô số hình thái sự sống trên Trái Đất. Một mặt, tôi cảm thấy nhỏ bé trước sự bao la của vũ trụ. Khi suy ngẫm về sự mở rộng mênh mông, trống rỗng của vũ trụ, Blaise Pascal từng viết: "Sự im lặng vĩnh cửu của những khoảng không vô hạn này làm tôi khiếp sợ."* Mặt khác, tôi hoàn toàn bị mê hoặc bởi sự sống đa dạng tuyệt vời và tính phức tạp tinh tế của thế giới sinh vật đang tồn tại.

Ngày nay, khi tiếp cận vấn đề xác quyết một cách khoa học vai trò của chúng ta trong vũ trụ, trong cộng đồng vật lý xuất hiện hai quan điểm triết lý ở hai thái cực: nguyên lý Copernicus và nguyên lý vị nhân.

Nguyên lý Copernicus phát biểu rằng vị trí của chúng ta trong vũ trụ không có gì đặc biệt. (Một số người thích đùa đã đặt tên là nguyên lý tính xoàng xĩnh.) Cho đến nay, mọi phát hiện thiên văn dường như xác nhận quan điểm này. Không chỉ riêng Copernicus trục xuất Trái Đất ra khỏi trung tâm vũ trụ, mà Hubble còn hất cẳng cả Ngân Hà ra khỏi vị trí trung tâm vũ trụ, thay vào đó cho chúng ta một vũ trụ đang dãn nở của hàng tỉ thiên hà. Phát hiện gần đây về vật chất tối và năng lượng tối nhấn mạnh một thực tế rằng các nguyên tố hóa học bậc cao tạo nên cơ thể chúng ta chỉ chiếm 0,03% tổng vật chất/năng lượng của vũ trụ. Với thuyết lạm phát, chúng ta phải nhìn nhận rằng vũ trụ có thể nhìn thấy được chỉ giống như một hạt cát nằm trong một vũ trụ phẳng lớn hơn nhiều, và bản thân vũ trụ này có thể đang không ngừng sinh ra những vũ trụ mới. Và cuối cùng, nếu thuyết M được chứng tỏ là đúng, thì chúng ta phải đối mặt với khả năng rằng ngay cả số chiều quen thuộc của không gian và thời gian cũng phải được mở rộng tới mười một chiều. Không chỉ chúng ta đã bị trục xuất khỏi trung tâm vũ trụ, mà ngay cả vũ trụ có thể nhìn thấy được cũng chỉ là một phần nhỏ của một đa vũ trụ lớn hơn nhiều.

Trước quy mô to lớn của nhận thức này, hẳn có người nhớ tới bài thơ của Stephen Crane, trong đó viết:

Trước vũ trụ, con người lên tiếng:
"Kính thưa ngài, tôi đã tới đây."
Vũ trụ đáp: "Hỡi ôi, anh bạn,
Với ta, nào có khác chi đâu,
*Đi hay đến, có là quên lãng?"**

(Người ta lại nhớ đến truyện khoa học giả tưởng của Douglas Adams, *Hitchhiker's Guide to the Galaxy*, trong đó có một thiết bị được gọi là Máy cuộn xoáy ngoại suy toàn bộ vũ trụ [Total Perspective Vortex], bảo đảm biến đổi bất kỳ người nào có đầu óc bình thường thành một kẻ mất trí. Bên trong buồng máy là bản đồ của toàn thể vũ trụ, có một mũi tên nhỏ đánh dấu "Bạn đang ở đây".)

Nhưng ở thái cực kia, chúng ta có nguyên lý vị nhân, khiến chúng ta nhận thức rằng một tập hợp thần kỳ các "ngẫu nhiên" đã khiến ý thức có thể xuất hiện trong vũ trụ ba chiều của chúng ta. Có một dải hẹp đến kỳ lạ chứa các tham số làm cho sự sống có trí tuệ trở thành hiện thực, và chúng ta ngẫu nhiên xuất hiện trong dải này. Sự ổn định của proton, kích thước của các ngôi sao, sự tồn tại của các nguyên tố bậc cao, v.v. tất cả dường như được tinh chỉnh để phù hợp với các hình thái phức tạp của sự sống và sự sống có ý thức. Người ta có thể tranh luận liệu hoàn cảnh tình cờ này có phải là một thiết kế hay chỉ là một sự ngẫu nhiên, nhưng không ai có thể bác bỏ sự điều chỉnh tinh tế cần thiết cho sự tồn tại của chúng ta.

Stephen Hawking nhận xét: "Nếu tốc độ dãn nở của vũ trụ [tại] một giây sau vụ nổ lớn nhỏ hơn chỉ một phần một trăm tỉ, nó [vũ trụ] có thể đã suy sụp lại trước khi đạt tới kích thước hiện tại... Quan điểm chống lại việc một vũ trụ như của chúng ta sinh ra từ một thứ đại loại như vụ nổ lớn có cơ thắng thế. Tôi nghĩ rõ ràng là có các hàm ý tôn giáo."*

Chúng ta thường không đánh giá đúng sự sống và ý thức thực sự quý giá như thế nào. Chúng ta thường quên rằng nước là một trong những chất quý báu nhất trong vũ trụ, mà trong hệ Mặt Trời chỉ có ở Trái Đất (và có lẽ ở Europa, một vệ tinh của sao Mộc) mới có nước tồn tại ở thể lỏng với lượng đáng kể, có lẽ thậm chí trong cả khu vực này của thiên hà. Cũng có khả năng bộ não con người là vật thể tự nhiên phức tạp nhất được tạo ra trong hệ Mặt Trời, có lẽ xét trong cả ngôi sao gần nhất. Khi xem những bức ảnh sinh động về địa hình không có sự sống của sao Hỏa hay sao Kim, chúng ta sững người vì những bề mặt đó hoàn toàn không có các thành phố với những ánh đèn, hoặc ngay cả các hóa chất hữu cơ phức tạp của sự sống. Vô số thế giới tồn tại trong không gian sâu thẳm không hề có sự sống, chứ chưa nói đến sự sống có trí tuệ. Điều này lẽ ra phải làm cho chúng ta đánh giá đúng sự sống là mong manh như thế nào và sự sống sinh sôi trên Trái Đất quả thật là một điều kỳ diệu.

Nguyên lý Copernicus và nguyên lý vị nhân ở chừng mực nào đó là các quan điểm đối lập giới hạn các thái cực về tồn tại của loài người và giúp chúng ta hiểu được vai trò thật sự của mình trong vũ trụ. Trong khi nguyên lý Copernicus buộc chúng ta phải đương đầu với sự bao la vô cùng của vũ trụ, và có lẽ cả đa vũ trụ, thì nguyên lý vị nhân buộc chúng ta nhận thức được rằng sự sống và ý thức thực sự khan hiếm như thế nào.

Nhưng cuối cùng, cuộc tranh luận giữa nguyên lý Copernicus và nguyên lý vị nhân không thể xác định vai trò của chúng ta trong vũ trụ, trừ phi chúng ta xem xét câu hỏi này từ một góc nhìn thậm chí còn lớn hơn, từ quan điểm của thuyết lượng tử.

Ý NGHĨA LƯỢNG TỬ

Thế giới quan của khoa học lượng tử đã làm khá sáng tỏ câu hỏi về vai trò của chúng ta trong vũ trụ, nhưng từ một quan điểm khác. Nếu ai đó tán thành diễn giải của Wigner cho vấn đề con mèo Schrödinger, thì chúng ta nhất thiết phải thấy tác động của ý thức ở khắp mọi nơi. Một chuỗi vô hạn các nhà quan sát, mỗi một người lại đang quan sát người quan sát trước đó, cuối cùng dẫn tới một người quan sát cả vũ trụ, có lẽ đó là chính Thượng Đế. Trong bức tranh này, vũ trụ tồn tại bởi vì có một vị thần quan sát nó. Và nếu diễn giải của Wheeler là đúng, thì toàn thể vũ trụ bị ý thức và thông tin chi phối. Trong bức tranh này, ý thức là lực lượng quan trọng nhất xác định bản chất của sự tồn tại.

Quan điểm của Wigner là nguồn cảm hứng để Ronnie Knox sáng tác ra bài thơ về một cuộc gặp bất ngờ giữa một người hoài nghi và Thượng Đế, đang trầm tư suy nghĩ xem một nhánh cây có tồn tại trong sân hay không khi chẳng có ai ở đó quan sát nó:

Xưa có người đã nói: "Thượng Đế
Nghĩ suy gì mà kỳ cục thế
Nếu Ngài thấy có một cái cây
Vẫn tiếp tục tồn tại ở đây
Nơi sân vắng chẳng ma nào quan sát."

Một kẻ thích đùa vô danh liền họa lại:

Người thân mến, ngạc nhiên kỳ thế
Ta vẫn ở sân vắng nơi đấy
Đó chính là lý do cái cây

Sẽ tiếp tục tồn tại ở đây,
*Vì Thượng Đế là người quan sát.**

Nói cách khác, cái cây tồn tại trong sân vì một nhà quan sát lượng tử luôn ở đó để làm sụp đổ hàm sóng - đó là chính Thượng Đế.

Diễn giải của Wigner đặt ra câu hỏi về ý thức ở chính giữa lòng nền tảng vật lý. Ông lặp lại lời của nhà thiên văn vĩ đại James Jeans, người đã từng viết: "Năm mươi năm trước, vũ trụ nói chung được nhìn nhận như là một cỗ máy... Khi chúng ta vượt qua các thái cực của kích thước theo bất cứ hướng nào trong hai hướng - toàn thể vũ trụ rộng lớn, hoặc cấu trúc siêu nhỏ bên trong nguyên tử - thì cách diễn giải cơ học về Tự nhiên thất bại. Chúng ta hiểu được rằng các thực thể và các hiện tượng không hề mang tính cơ học. Đối với tôi chúng dường như ít gợi đến các quá trình cơ học hơn là đến các quá trình tinh thần; vũ trụ dường như gần giống với một tư tưởng lớn hơn là với một cỗ máy lớn."*

Diễn giải này có lẽ đạt được hình thức đầy tham vọng nhất của nó trong thuyết "nó từ bit" của Wheeler. "Không chỉ chúng ta thích nghi với vũ trụ. Vũ trụ cũng thích nghi với chúng ta."* Nói cách khác, theo nghĩa nào đó thì chúng ta tạo ra thực tại của chính mình bằng cách thực hiện các quan sát. Ông gọi điều này là "Sáng thế bằng quan sát". Wheeler tuyên bố rằng chúng ta sống trong một "vũ trụ can dự".

Những lời này được nhà sinh vật học đạt giải Nobel George Wald hưởng ứng, ông viết: "Thật đáng buồn khi là một nguyên tử trong một vũ trụ không có các nhà vật lý. Và các nhà vật lý được làm từ các nguyên tử. Một nhà vật lý là cách thức để nguyên tử biết về các nguyên tử."* Vị mục sư phái nhất thể Gary Kowalski bày tỏ tóm tắt niềm tin này: "Vũ trụ, có thể nói, tồn tại để tán dương nó và say mê vẻ đẹp của chính nó. Và nếu loài người là một mặt của vũ trụ đang phát triển tiến tới nhận thức về chính nó, thì mục đích tồn tại của chúng ta chắc chắn phải là bảo tồn và duy trì mãi mãi thế giới này, cũng như nghiên cứu nó, chứ không phải tước đoạt hay phá hủy những thứ đã phải mất nhiều thời gian để tạo ra."*

Theo cách lập luận này, vũ trụ có một mục đích: *tạo ra các sinh vật có tri giác như chúng ta để có thể quan sát nó khiến cho nó tồn tại.* Theo góc nhìn này, sự tồn tại thật sự của vũ trụ phụ thuộc vào khả năng nó tạo ra các sinh vật có trí tuệ để quan sát và làm sụp đổ hàm sóng của nó.

Người ta có thể thỏa mãn với diễn giải của Wigner về thuyết lượng tử. Tuy nhiên, có một diễn giải khác, diễn giải đa thế giới, cho chúng ta một quan niệm hoàn toàn khác về vai trò của nhân loại trong vũ trụ. Trong diễn giải đa thế giới, con mèo Schrödinger có thể đồng thời vừa chết vừa sống, đơn giản chỉ vì bản thân vũ trụ đã chia thành hai vũ trụ tách biệt.

Ý NGHĨA TRONG ĐA VŨ TRỤ

Dễ dàng lạc đường trong vô số các vũ trụ của thuyết đa thế giới. Các hàm ý đạo đức của các vũ trụ lượng tử song song này được khám phá trong một truyện ngắn nhan đề "Vạn con đường" (All the Myriad Ways) của Larry Niven. Trong câu chuyện, trung úy trinh thám(1) Gene Trimble điều tra một chuỗi các vụ tự tử bí ẩn. Đột nhiên, trên toàn thị trấn nọ, những cư dân không hề có tiền sử về các vấn đề tâm thần bỗng nhảy cầu tự tử, tự bắn vỡ đầu mình, hoặc thậm chí phạm tội giết người hàng loạt. Bí ẩn tăng thêm khi Ambrose Harmon, nhà tỉ phú sáng lập của Tập đoàn Crosstime(2), nhảy lầu tự tử từ căn hộ sang trọng của mình trên tầng 36 sau khi thắng 500 đô la tại một bàn chơi xì phé. Giàu có, quyền thế, quan hệ rộng, ông ta có mọi thứ để ham sống; do vậy, vụ tự tử của ông ta thật vô lý. Nhưng cuối cùng Trimble phát hiện ra một quy luật. Hai mươi phần trăm phi công của Tập đoàn Crosstime đã tự sát; quả thật, các vụ tự tử đã bắt đầu một tháng sau khi thành lập Crosstime.

Đào sâu hơn vụ việc, thám tử thấy rằng Harmon đã được thừa kế khối tài sản lớn từ ông bà và hoang phí nó vào các vụ đánh cược ngu xuẩn. Ông ta có nguy cơ mất toàn bộ tài sản, nhưng chỉ một canh bạc đã thanh toán hết nợ. Ông đã tập hợp

---

1. Một chức vụ hư cấu, chỉ có trong truyện khoa học giả tưởng.

2. Nghĩa là Xuyên thời gian.

một nhóm các nhà vật lý, kỹ sư và triết gia để nghiên cứu các con đường thời gian song song có thể có. Cuối cùng, họ đã tìm ra một con tàu có thể tiến vào một tuyến thời gian mới, và viên phi công nhanh chóng mang về một phát minh mới từ Hợp bang Hoa Kỳ (Confederate States of America)[1]. Crosstime sau đó đã cấp vốn cho hàng trăm phi vụ tới tuyến thời gian song song, nơi họ sẽ tìm ra những phát minh mới có thể đem về và xin cấp bằng sáng chế. Rất nhanh chóng, Crosstime trở thành một tập đoàn tỉ đô, nắm giữ các bằng sáng chế đẳng cấp thế giới quan trọng nhất ở thời đại chúng ta. Như thể Crosstime sẽ trở thành tập đoàn thành công bậc nhất, với Harmon là người lãnh đạo.

Mỗi tuyến thời gian họ tìm thấy lại rất khác nhau. Các phi công đã tìm thấy Đế quốc Công giáo, nước Mỹ của thổ dân da đỏ, Đế quốc Nga, và vô số các thế giới đầy phóng xạ chết chóc là tàn tích của chiến tranh hạt nhân. Nhưng cuối cùng, họ đã tìm thấy điều gây lo ngại sâu sắc: các bản sao giống y như chính họ, nhưng với một sự méo mó kỳ quái. Trong các thế giới này, dù họ làm điều gì, mọi chuyện đều có thể xảy ra: bất kể họ làm việc cực nhọc như thế nào, họ có thể thấy rõ các ước mơ quái dị nhất của mình hoặc sống qua cơn ác mộng méo mó nhất của mình. Bất cứ điều gì họ làm, trong một số vũ trụ họ thành công, còn trong một số vũ trụ khác họ thất bại hoàn toàn. Bất kể việc làm đó là gì, vô số các bản sao của chính họ đưa ra các quyết định trái ngược và gặt hái tất cả các kết quả có thể. Tại sao không trở thành một kẻ cướp ngân hàng nếu, trong vũ trụ nào đó, bạn sẽ không bị trừng phạt?

Trimble nghĩ: "Chẳng có may mắn ở bất kỳ nơi nào. Mỗi quyết định đã được đưa ra theo cả hai cách. Dù mất nhiều tâm huyết để đưa ra một lựa chọn khôn ngoan, nhưng cùng lúc tất cả các lựa chọn khác cũng được thực hiện. Thế là cứ diễn tiến như vậy, trong suốt lịch sử." Trimble cảm thấy vô cùng tuyệt vọng khi đạt đến sự thức nhận vặn siết tâm hồn: trong một vũ trụ mà mọi thứ đều có thể xảy ra, không có gì mang ý nghĩa đạo đức cả. Anh không chịu nổi sự tuyệt vọng vì nhận ra rằng cuối cùng chúng ta không kiểm soát nổi số phận của mình, rằng bất kể chúng ta ra quyết định như thế nào, kết quả không nghĩa lý gì.

---

[1] Tên gọi phe Miền Nam ly khai trong cuộc nội chiến Mỹ (1861-1865).

Cuối cùng, anh quyết định noi theo tấm gương của Harmon.* Anh rút khẩu súng ra và nhắm vào đầu mình. Nhưng ngay cả khi anh bóp cò, vẫn có vô số các vũ trụ mà trong đó khẩu súng tịt, viên đạn bắn lên trần nhà, viên đạn giết chết anh, v.v. Quyết định cuối cùng của Trimble chỉ thuộc một trong vô số các vũ trụ ấy.

Khi tưởng tượng về đa vũ trụ lượng tử, chúng ta đối diện, như Trimble trong câu chuyện trên, với khả năng rằng mặc dù các bản thể song song của chúng ta đang sống trong các vũ trụ lượng tử khác nhau có thể có chính xác cùng mã di truyền ấy, nhưng tại các thời khắc quan trọng của cuộc sống, các cơ hội, các ông thầy dẫn đường chỉ lối và những ước mơ của chúng ta có thể dẫn chúng ta xuôi theo những con đường khác nhau, dẫn tới những diễn biến cuộc sống và số phận khác nhau.

Một dạng của thế lưỡng nan này thực sự sẽ xảy đến với chúng ta. Nó chỉ là vấn đề thời gian, có lẽ một vài thập kỷ, trước khi việc nhân bản vô tính di truyền của con người trở thành một thực tế thường nhật của cuộc sống. Mặc dù nhân bản vô tính người là vô cùng khó khăn (trên thực tế, chưa thể nhân bản đầy đủ một động vật linh trưởng, chứ chưa nói tới một con người) và gây ra lo lắng sâu sắc về tính đạo đức, nhưng tất yếu đến một lúc nào đó việc này sẽ xảy ra. Và khi ấy, câu hỏi đặt ra là: các bản sao vô tính của chúng ta có tâm hồn không? *Chúng ta* có phải chịu trách nhiệm về hành động của các bản sao của mình không? Trong một vũ trụ lượng tử, chúng ta sẽ có vô số các bản sao lượng tử. Vì một vài bản sao trong số đó có thể thực hiện những hành vi xấu xa, vậy khi đó chúng ta có phải chịu trách nhiệm về họ không? Liệu tâm hồn của chúng ta có phải đau khổ vì những lỗi lầm của các bản sao lượng tử ấy?

Có một cách giải quyết cho cuộc khủng hoảng tồn tại lượng tử này. Nếu chúng ta nhìn lướt qua đa vũ trụ của vô số các thế giới, chúng ta có thể bị choáng ngợp trước tính ngẫu nhiên gây sửng sốt của số phận, nhưng trong mỗi thế giới thì các quy luật nhân quả thông thường nói chung vẫn luôn đúng. Trong thuyết đa vũ trụ do các nhà vật lý đề xuất, mỗi vũ trụ khác biệt tuân theo các định luật giống như các định luật Newton ở cấp độ vĩ mô, do đó chúng ta có thể sống một cách thoải mái, vì biết rằng kết quả từ hành động của chúng ta phần nhiều có thể dự đoán được. Trong mỗi vũ trụ, thường thì các quy luật nhân quả vẫn có hiệu lực một cách cứng nhắc. Tức là, nếu chúng ta phạm tội, thì nhiều khả năng chúng ta sẽ đi tù. Chúng ta có thể vui sống mà không cần quan tâm tới tất cả các thực tại song song cùng tồn tại với chúng ta.

Nó làm tôi nhớ đến câu chuyện bịa mà các nhà vật lý thỉnh thoảng vẫn kể cho nhau nghe. Một hôm, một nhà vật lý từ Nga đã được đưa đến Las Vegas. Ông lóa mắt trước sự sang trọng và cám dỗ của chủ nghĩa tư bản mà thành phố tội lỗi này đã phô bày ra. Ông đi ngay tới các bàn cờ bạc và đặt tất cả tiền bạc của mình vào khoản đặt cược đầu tiên. Khi người ta nói với ông rằng đây là một chiến lược chơi ngu ngốc, rằng chiến lược của ông đã đi ngược lại các định luật toán học và xác suất, thì ông đáp: "Vâng, đúng vậy, nhưng trong một vũ trụ lượng tử, tôi sẽ giàu có!" Nhà vật lý người Nga có thể đã đúng và trong thế giới song song nào đó có thể ông đang hưởng thụ sự giàu có vượt quá sức tưởng tượng của mình. Nhưng trong vũ trụ cụ thể này thì ông thua cháy túi. Và chắc chắn ông phải gánh chịu các hậu quả.

CÁC NHÀ VẬT LÝ NGHĨ GÌ VỀ Ý NGHĨA CỦA VŨ TRỤ

Cuộc tranh luận về ý nghĩa của sự sống đã được khuấy động thậm chí còn nhiều hơn bởi tuyên bố khích động của Steven Weinberg trong cuốn sách *The First Three Minutes* (Ba phút đầu tiên). Ông viết: "Dường như càng hiểu về vũ trụ bao nhiêu, thì nó càng vô nghĩa bấy nhiêu... Nỗ lực để hiểu vũ trụ là một trong số rất ít điều nâng cuộc sống của con người lên trên mức độ hài kịch một chút, và cho nó một chút ân điển của bi kịch."* Weinberg đã thú nhận rằng trong tất cả các câu ông đã viết, câu này làm dấy lên những phản ứng dữ dội nhất. Sau đó ông đã tạo ra một cuộc tranh cãi khác bằng bình luận: "Có hay không có tôn giáo, thì người tốt vẫn có thể cư xử tốt và người xấu có thể làm điều xấu; nhưng việc người tốt làm điều xấu thì cần đến vai trò của tôn giáo."*

Weinberg dường như cảm thấy khoái trá ranh mãnh khi khuấy đảo, chòng ghẹo thái độ tự phụ của những người tự nhận là có hiểu biết sâu sắc về ý nghĩa của vũ trụ. "Trong nhiều năm, tôi đã là một kẻ phàm tục vui nhộn trong các vấn đề triết học,"* ông thú nhận. Giống như Shakespeare, ông tin rằng cả thế giới là một sân khấu "nhưng bi kịch không nằm ở kịch bản; mà bi kịch là ở chỗ không có kịch bản."*

Weinberg tán thành những lời nói của nhà sinh vật học Richard Dawkins, thành viên Ban quản trị Đại học Oxford, người từng tuyên bố: "Trong một vũ trụ của các lực vật lý mù quáng... một số người sẽ bị tổn thương, những người khác sẽ gặp may mắn, còn bạn sẽ không tìm thấy bất kỳ nghĩa lý gì trong nó, và cũng chẳng có công lý nào cả. Vũ trụ mà chúng ta quan sát sẽ có đúng những tính chất mà chúng ta mong đợi nếu, về bản chất, không có bản thiết kế, không có mục đích, không xấu mà cũng không tốt, không có gì ngoài sự dửng dưng mù quáng, tàn nhẫn."*

Về bản chất, Weinberg đang đặt ra một thách thức. Nếu con người tin rằng vũ trụ có một ý nghĩa, thì ý nghĩa đó là gì? Khi các nhà thiên văn ngắm nhìn vũ trụ mênh mông, với các ngôi sao kềnh lớn hơn Mặt Trời gấp bội đang sinh ra và chết đi trong một vũ trụ dãn nở dữ dội trong hàng tỉ năm, thật khó biết được làm sao mà tất cả những thứ này lại có thể được sắp xếp một cách chính xác với mục đích để cho loài người cư trú trên một hành tinh bé tí xoay quanh một ngôi sao mờ nhạt.

Mặc dù các phát biểu của Weinberg đã gây ra nhiều sóng gió, nhưng rất ít các nhà khoa học đứng lên chống lại chúng. Nhưng khi Alan Lightman và Roberta Brawer phỏng vấn một nhóm các nhà vũ trụ học xuất chúng để hỏi xem họ có đồng ý với Weinberg hay không, thì điều thú vị là chỉ một số ít chấp nhận đánh giá khá ảm đạm của Weinberg về vũ trụ. Một nhà khoa học kiên quyết theo phe Weinberg là Sandra Faber từ Đài quan sát Lick và Đại học California tại Santa Cruz đã nói: "Tôi không tin rằng Trái Đất đã được tạo ra cho con người. Nó là một hành tinh được tạo ra bởi các quá trình tự nhiên, trong đó sự sống và sự sống có trí tuệ đã xuất hiện như một phần tiếp tục của tiến trình tự nhiên đó. Cũng đúng như vậy, tôi nghĩ rằng vũ trụ đã được tạo ra từ một quá trình tự nhiên nào đó, và sự xuất hiện của chúng ta trong nó là kết quả hoàn toàn tự nhiên của các định luật vật lý trong phần cụ thể đó của vũ trụ. Tôi nghĩ trong vấn đề này ẩn chứa một động lực nào đó có mục đích vượt lên trên sự tồn tại của con người. Tôi không tin rằng nó được tạo ra cho con người. Vì vậy, tôi nghĩ rốt cuộc mình đồng ý với Weinberg rằng dưới góc nhìn của con người thì nó hoàn toàn vô nghĩa."*

Nhưng số đông các nhà vũ trụ học nghĩ rằng Weinberg đã sai lầm, rằng vũ trụ có một ý nghĩa, ngay cả khi họ không thể nói rõ ràng về điều đó.

Margaret Geller, một giáo sư từ Đại học Harvard, đã nói: "Quan điểm của tôi về cuộc sống là nó rất ngắn ngủi. Như vậy phải tích lũy kinh nghiệm sống càng phong phú càng tốt. Đó là những gì tôi đang cố gắng làm. Tôi đang cố gắng làm một điều gì đó có tính sáng tạo. Tôi cố gắng giáo dục con người."*

Và vài người trong số họ quả thật đã nhìn thấy một ý nghĩa của vũ trụ trong công trình do chính tay Chúa làm. Don Page từ Đại học Alberta, một học trò cũ của Stephen Hawking, đã nói: "Vâng, tôi có thể nói dứt khoát là có một mục đích. Tôi không biết tất cả các mục đích là gì, nhưng tôi nghĩ rằng một trong số các mục đích là Chúa tạo ra con người để làm bạn với Chúa. Một mục đích lớn hơn có lẽ để tôn vinh Chúa."* Ông thậm chí còn thấy bàn tay của Chúa thể hiện trong các quy tắc trừu tượng của vật lý lượng tử: "Theo một nghĩa nào đó, các định luật vật lý dường như tương tự với thứ ngữ pháp và ngôn ngữ mà Chúa đã chọn để sử dụng."*

Charles Misner từ Đại học Maryland, một trong những người tiên phong phân tích thuyết tương đối rộng của Einstein, có chung lập trường với Page: "Tôi cảm thấy trong tôn giáo có những điều rất nghiêm túc, như sự tồn tại của Chúa và tình bằng hữu của loài người, đó là những chân lý nghiêm túc mà một ngày nào đó chúng ta sẽ biết cách đánh giá đúng, có lẽ bằng một ngôn ngữ khác trên một quy mô khác... Vì vậy, tôi nghĩ rằng có những chân lý thực sự ở đó, và theo nghĩa nào đó thì vẻ hùng vĩ của vũ trụ là có ý nghĩa, và chúng ta mắc nợ Đấng Sáng thế lòng tôn kính và sự nể sợ."*

Hoài nghi về Đấng Sáng thế làm nảy sinh câu hỏi: khoa học có thể nói gì về sự tồn tại của Chúa? Nhà thần học Paul Tillich đã nói rằng các nhà vật lý là các nhà khoa học duy nhất có thể nói từ "Chúa" mà không xấu hổ.* Thật vậy, nhà vật lý đơn thương độc mã giữa các nhà khoa học khi giải quyết một trong những câu hỏi lớn nhất của nhân loại: Có một thiết kế vĩ đại hay không? Và nếu có, thì có một nhà thiết kế hay không? Con đường đúng đắn tiến tới chân lý là gì, lý trí hay mặc khải?

Thuyết dây cho phép chúng ta xem xét các hạt hạ nguyên tử như các nốt nhạc trên một dây đàn đang rung; các định luật hóa học tương ứng với các giai điệu mà người ta có thể chơi trên các dây; các định luật vật lý tương ứng với các quy luật hòa âm chi phối các dây; vũ trụ là bản giao hưởng của các dây; và ý nghĩ của Chúa có thể được xem như là bản nhạc vũ trụ đang ngân vang trong khắp siêu không gian. Nếu điều ví von này là xác thực, câu hỏi đặt ra tiếp theo: có một nhà soạn nhạc hay không? Liệu có ai đó đã thiết kế ra một thuyết chấp nhận sự phong phú của các vũ trụ có thể có mà chúng ta thấy trong thuyết dây hay không? Nếu vũ trụ giống như một chiếc đồng hồ đã được tinh chỉnh, liệu có một người thợ làm đồng hồ hay không?

Theo cách hiểu này, thuyết dây rọi một chút ánh sáng vào câu hỏi: Chúa đã có một sự lựa chọn hay không? Bất cứ khi nào Einstein sắp tạo ra các thuyết vũ trụ của mình, ông luôn đặt câu hỏi: tôi sẽ thiết kế vũ trụ như thế nào? Ông nghiêng về phía ý tưởng rằng có lẽ Chúa đã không có sự lựa chọn trong vấn đề này. Thuyết dây dường như xác nhận cách tiếp cận này. Khi chúng ta kết hợp thuyết tương đối với thuyết lượng tử, chúng ta thấy các thuyết chứa đầy các khiếm khuyết ẩn khuất nhưng chí tử: các phân kỳ thổi bay và các dị thường phá hỏng các đối xứng của thuyết. Chỉ bằng cách kết hợp các đối xứng mạnh mới có thể loại trừ các phân kỳ và các dị thường này, và thuyết M sở hữu các đối xứng mạnh nhất trong số này. Như vậy, có lẽ, có thể có một thuyết độc nhất vô nhị tuân theo tất cả các định đề cơ bản mà chúng ta mong muốn trong một thuyết.

Einstein, người thường xuyên viết nhiều về Ông Tạo, từng được hỏi về sự tồn tại của Chúa. Ông cho rằng có hai dạng chúa. Chúa đầu tiên là chúa cá nhân, chúa trả lời những lời cầu nguyện, chúa của Abraham, Isaac, Moses, chúa rẽ các vùng nước và thực hiện các phép màu. Tuy nhiên, đây không phải là Chúa mà phần lớn các nhà khoa học nhất thiết phải tin.

Einstein từng viết ông tin vào "Chúa của Spinoza(1), hiện thân trong sự hài hòa có trật tự của những gì tồn tại, không phải một vị Chúa lo toan về những số phận và hành động của con người".* Vị chúa của Spinoza và Einstein là chúa của sự hài hòa, chúa của lý trí và logic. Einstein viết: "Tôi không thể hình dung nổi một vị Chúa lại ban thưởng và trừng phạt các đối tượng mà mình sáng tạo ra... Tôi cũng không tin rằng một cá nhân có thể sống vượt qua cái chết của thể xác anh ta".*

(Trong *Inferno* (Địa ngục)(2) của Dante, tầng ngục thứ nhất nằm gần lối vào Địa ngục có những người nhân từ và thuần hậu nhưng không thừa nhận đầy đủ Jesus Christ là Chúa của mình. Trong tầng thứ nhất, Dante thấy có Plato và Aristotle cùng các nhà tư tưởng và các danh nhân khác. Như nhà vật lý Wilczek nhận xét: "Chúng ta ngờ rằng rất nhiều, có lẽ là phần lớn, các nhà khoa học hiện đại sẽ tìm thấy con đường của họ tới tầng thứ nhất."*) Người ta cũng có thể tìm thấy Mark Twain trong tầng một nổi tiếng đó. Twain đã từng định nghĩa đức tin là "tin vào điều bất kỳ con lừa chết tiệt nào cũng biết là không đúng".*

Cá nhân tôi, từ quan điểm thuần túy khoa học, nghĩ rằng có lẽ luận cứ thuyết phục nhất ủng hộ sự tồn tại của Đức Chúa của Einstein hay Spinoza đến từ mục đích luận (teleology). Nếu thuyết dây cuối cùng được xác nhận về mặt thực nghiệm là

---

1. Spinoza (1632-1677) nhà triết học lỗi lạc người Hà Lan gốc Do Thái.

2. Một trong ba phần của trường ca *La Divina Commedia* (Thần khúc) của Dante Alighieri.

thuyết vạn vật, thì chúng ta phải hỏi bản thân các phương trình từ đâu tới. Nếu thuyết trường thống nhất là thật sự duy nhất, như Einstein đã tin, thì chúng ta phải hỏi tính độc nhất vô nhị này đến từ đâu. Các nhà vật lý nào tin vào vị Chúa này đều tin rằng vũ trụ đẹp và đơn giản tới mức các quy luật tối thượng của nó không thể là một sự ngẫu nhiên. Vũ trụ đã có thể là hoàn toàn ngẫu nhiên hay tạo thành từ các electron và notrino vô tri vô giác, không có khả năng tạo ra bất kỳ sự sống nào, chưa nói tới sự sống có trí tuệ.

Tôi và một số nhà vật lý khác tin rằng nếu các quy luật tối thượng của thực tại sẽ được miêu tả bằng một công thức có lẽ không dài quá một inch, thì câu hỏi đặt ra là, phương trình này đã đến từ đâu?

Như Martin Gardner đã nói: "Tại sao quả táo rơi? Vì có định luật hấp dẫn. Tại sao có định luật hấp dẫn? Vì các phương trình xác định nào đó là một phần của thuyết tương đối. Cho dù một ngày nào đó các nhà vật lý viết ra được một phương trình cuối cùng mà từ đó có thể rút ra tất cả các định luật vật lý, thì người ta vẫn có thể hỏi: 'Tại sao lại là phương trình đó?' "*

TẠO RA Ý NGHĨA CỦA CHÍNH CHÚNG TA

Cuối cùng, tôi tin một phương trình duy nhất thực sự tồn tại để có thể miêu tả toàn thể vũ trụ theo một khuôn mẫu trật tự, hài hòa, ngụ ý một thiết kế nào đó. Tuy nhiên, tôi không tin rằng thiết kế này đưa ra ý nghĩa dành riêng cho nhân loại. Bất kể công thức cuối cùng của vật lý có thể gây choáng váng hay tao nhã đến như thế nào, nó sẽ không nâng cao linh hồn của hàng tỉ con người và làm cho xúc cảm của họ viên mãn. Không công thức ma thuật nào đến từ vũ trụ học và vật lý sẽ mê hoặc công chúng và làm phong phú đời sống tinh thần của họ.

Đối với tôi, ý nghĩa thực sự trong cuộc sống là việc chúng ta tạo ra ý nghĩa của chính chúng ta. Chính số phận chúng ta khắc họa nên tương lai của chúng ta, chứ không phải nó được trao cho chúng ta từ một thực thể uy quyền cao xa nào đó. Einstein đã thú nhận rằng ông bất lực không thể làm hài lòng hàng trăm người thiện chí đã viết hàng xấp thư nài nỉ ông tiết lộ ý nghĩa của cuộc sống. Nói như Alan Guth: "Thật tốt khi đặt ra các câu hỏi đó, nhưng người ta không nên mong đợi có được một câu trả lời thông thái hơn từ một nhà vật lý. Bản thân tôi cảm thấy cuộc sống có một mục đích nào đó - cuối cùng, tôi nghĩ rằng mục đích ấy là do chúng ta tạo ra cho nó chứ không tới từ bất kỳ thiết kế vũ trụ nào."*

Tôi tin rằng Sigmund Freud, với tất cả các suy đoán của ông về mặt tối của tiềm thức(1), đã tiến gần nhất tới sự thật khi nói rằng điều đem lại sự ổn định và ý nghĩa cho tâm trí của chúng ta là công việc và tình yêu. Làm việc giúp chúng ta có ý thức trách nhiệm và mục đích, một sự tập trung cụ thể vào công việc và những ước mơ của chúng ta. Công việc không chỉ đem lại kỷ luật và cấu trúc cho cuộc sống của chúng ta, nó còn cho chúng ta cảm giác tự hào, thành quả và một khuôn khổ để thỏa mãn. Và tình yêu là một thành phần thiết yếu sắp đặt chúng ta trong cơ cấu xã hội. Nếu không có tình yêu, chúng ta là những kẻ lạc lõng, trống rỗng không có cội nguồn. Chúng ta trở thành những kẻ lang thang trong vùng đất của chính chúng ta, không gắn với những lo toan của những người khác.

Ngoài công việc và tình yêu, tôi muốn bổ sung thêm hai thành phần khác đem lại ý nghĩa cho cuộc sống. Trước tiên, phát huy hết các năng lực mà chúng ta có từ khi sinh ra. Tuy nhiên với các khả năng và thế mạnh khác nhau mà số phận ban cho, chúng ta nên cố gắng phát triển chúng tối đa, thay vì để chúng teo tóp và thui chột. Tất cả chúng ta đều biết có những cá nhân đã không phát huy được khả năng mà họ đã thể hiện trong thời thơ ấu. Nhiều người trong số họ bị ám ảnh bởi hình tượng mà họ có thể trở thành. Thay vì đổ lỗi cho số phận, tôi nghĩ rằng chúng ta nên chấp nhận những gì mình đang có và cố gắng để hoàn thành bất kể ước mơ nào trong khả năng.

Thứ hai, cố gắng nhằm để lại một thế giới tốt hơn so với khi chúng ta bước vào thế giới ấy. Mỗi cá nhân chúng ta có thể tạo ra sự khác biệt, cho dù đó là việc thăm dò các bí mật

---

1. Còn gọi là vô thức.

của Tự nhiên, làm sạch môi trường và làm việc vì hòa bình và công bằng xã hội, hoặc nuôi dưỡng tinh thần ham học hỏi, nhiệt huyết của thế hệ trẻ trong vai trò của một cố vấn thông thái và một người dẫn đường.

CHUYỂN TIẾP SANG NỀN VĂN MINH KIỂU I

Trong vở kịch *Three Sisters* (Ba chị em) của Anton Chekhov, trong hồi 2 đại tá[1] Vershinin tuyên bố: "Trong một hay hai thế kỷ hoặc trong một thiên niên kỷ tới, mọi người sẽ sống trong một hoàn cảnh mới, hạnh phúc hơn. Chúng ta sẽ không ở đó để thấy nó - nhưng đó là mục đích sống và làm việc của chúng ta. Đó là lý do tại sao chúng ta đau khổ. Chúng ta đang tạo ra nó. Đó chính là mục đích tồn tại của chúng ta. Hạnh phúc duy nhất chúng ta có thể biết là làm việc hướng tới mục tiêu đó."

Cá nhân tôi, thay vì ngã lòng trước tầm mênh mông tuyệt đối của vũ trụ, lại cảm thấy hồi hộp trước ý tưởng về các thế giới hoàn toàn mới lạ tồn tại ngay bên cạnh chúng ta. Chúng ta đang sống trong thời đại mà công cuộc thăm dò vũ trụ chỉ mới bắt đầu bằng các tàu thăm dò không gian và các kính viễn vọng không gian, các học thuyết và các phương trình.

Tôi cũng cảm thấy vinh dự được sống tại thời điểm thế giới đang trải qua những bước đi anh hùng như vậy. Chúng ta đang sống để chứng kiến sự chuyển tiếp có lẽ là lớn nhất trong lịch sử nhân loại, chuyển sang một nền văn minh kiểu I, chuyển tiếp có lẽ là quan trọng nhất, nhưng cũng nguy hiểm nhất trong lịch sử nhân loại.

Trong quá khứ, tổ tiên của chúng ta đã sống trong một thế giới khắc nghiệt và không khoan nhượng. Trong phần lớn lịch sử nhân loại, loài người đã sống cuộc đời ngắn ngủi và tàn bạo, với tuổi thọ trung bình khoảng hai mươi năm. Họ đã sống trong sợ hãi về bệnh tật thường trực, nhờ sự ân sủng của số phận. Các xét nghiệm xương của tổ tiên chúng ta tiết lộ rằng họ đã vô cùng kiệt lực, một bằng chứng rõ ràng về các vật nặng và các gánh nặng mà họ đã mang theo hàng ngày; họ cũng mang các dấu hiệu chỉ báo về bệnh tật và các tai nạn khủng khiếp. Ngay cả trong thế kỷ qua, ông bà của chúng ta đã sống mà không được hưởng phúc lợi từ các hệ thống vệ sinh hiện đại, thuốc kháng sinh, máy bay phản lực, máy tính hay các tuyệt tác điện tử khác.

---

[1] Chính xác trong vở kịch là trung tá.

Tuy nhiên, con cháu chúng ta sẽ sống trong buổi bình minh của nền văn minh hành tinh đầu tiên của Trái Đất. Nếu chúng ta không cho phép bản năng tàn bạo tự hủy hoại chi phối, thì con cháu của chúng ta có thể sống trong một thời đại không còn bị ám ảnh bởi thiếu thốn, đói nghèo và bệnh tật. Lần đầu tiên trong lịch sử nhân loại, chúng ta có cả các phương tiện để tiêu diệt tất cả sự sống trên Trái Đất hoặc tạo ra một thiên đường trên hành tinh.

Thuở ấu thơ, tôi thường tự hỏi sống trong tương lai xa xôi sẽ giống như điều gì. Bây giờ, tôi tin rằng nếu có thể chọn lựa để sống trong kỷ nguyên cụ thể nào đó của nhân loại, tôi sẽ chọn kỷ nguyên này. Chúng ta hiện giờ đang ở thời gian thú vị nhất trong lịch sử nhân loại, ở đỉnh cao của các khám phá vũ trụ và công nghệ tiên tiến vĩ đại nhất mọi thời đại. Chúng ta đang tạo ra một sự chuyển tiếp lịch sử từ những người quan sát thụ động vũ điệu của tự nhiên tới các biên đạo múa cho vũ điệu của tự nhiên, với khả năng điều chỉnh sự sống, vật chất và trí tuệ. Tuy nhiên, quyền năng tuyệt vời này cũng gắn với trách nhiệm lớn lao, để đảm bảo rằng các thành quả từ các nỗ lực của chúng ta được sử dụng một cách sáng suốt và vì lợi ích của toàn thể nhân loại.

Thế hệ đang sống hiện nay có lẽ là thế hệ quan trọng nhất của con người kể từ khi bước đi trên Trái Đất tới nay. Không giống như các thế hệ trước đó, chúng ta nắm giữ trong tay số phận tương lai, hoặc là đạt được nền văn minh kiểu I như mong đợi hay rơi xuống vực thẳm của hỗn loạn, ô nhiễm và chiến tranh. Các quyết định của chúng ta sẽ ảnh hưởng sâu rộng trong suốt thế kỷ này. Cách chúng ta giải quyết các cuộc chiến tranh toàn cầu, các loại vũ khí hạt nhân tăng nhanh và các xung đột tôn giáo và sắc tộc hoặc là sẽ đặt nền tảng hoặc sẽ phá hủy các nền móng của một nền văn minh kiểu I. Có lẽ mục đích và ý nghĩa của thế hệ hiện nay là để đảm bảo sự chuyển tiếp sang một nền văn minh kiểu I diễn ra nhẹ nhàng.

Sự lựa chọn là của chúng ta. Đây là di sản của thế hệ hiện nay. Đó cũng là số phận của chúng ta.

GHI CHÚ

CHƯƠNG MỘT: NHỮNG BỨC ẢNH SƠ SINH CỦA VŨ TRỤ

22 *"một nghi lễ vượt qua đối với vũ trụ học, từ suy đoán..."* www.space.com, 11-2-2003.

27 *"Những gì bạn sẽ nghe sau đây là sai bét"*. Croswell, tr. 181.

27 *"Đó là một mớ những lời tầm bậy. Đó là chiến tranh - đúng là chiến tranh!"* Croswell, tr. 173.

28 *"Chúng ta sống trong một vũ trụ..."* Britt, Robert. www.space.com, 11-2-2003.

29 *"Thành thật mà nói, chúng ta đúng là không hiểu nó..."* www.space.com, 15-1-2002.

29 *"Chúng ta đã đặt nền tảng cho một lý thuyết mạch lạc thống nhất..."* *New York Times*, 12-2-2003, tr. A34.

30 *"Chưa bao giờ có thuyết nào đẹp như thuyết này mà sai lầm cả."* Lemonick, tr. 53.

32 *"Lạm phát áp đặt khá mạnh..."* *New York Times*, 29-10-2002, tr. D4.

32 *"Cái mà theo thông lệ được gọi là 'vũ trụ'..."* Rees, tr. 3.

36 *"Vũ trụ đang hành xử như một người lái xe giảm tốc độ..."* *New York Times*, 8-2-2003, tr. F1.

38 *"Hãy tin, như tôi tin, rằng..."* Rothman, Tony. Tạp chí *Discover*, tháng 7-1987, tr. 87.

39 *"Các lỗ giun, nếu tồn tại, sẽ là không gian lý tưởng cho việc du hành không gian nhanh chóng..."* Hawking, tr. 88.

CHƯƠNG HAI: VŨ TRỤ NGHỊCH LÝ

41 *"Làm sao mà ngài biết?..."* Bell, tr. 105.

43 *"Vũ trụ không bị giới hạn ở bất kỳ hướng nào..."* Silk, tr. 9.

45 *"Một phép màu liên tục là cần thiết..."* Croswell, tr. 8.

46 *"May mắn làm sao là Trái Đất..."* Croswell, tr. 6.

47 *"Nếu các ngôi sao kế tiếp nhau vô tận..."* Smoot, tr. 28.

47-48 *"Khi mới đọc những lời của Poe, tôi đã vô cùng kinh ngạc..."* Croswell, tr. 10.

49 *"Chúng ta có lẽ đã nhìn thấy..."* *New York Times*, tháng 10, 2004, tr. A1.

49 *"Kính Hubble đưa chúng ta tới rất gần..."* *New York Times*, 10-3-2004, tr. A1.

50 *"Điều bất hạnh cho cha mẹ khốn khổ của tôi, những người trong quá nhiều năm qua..."* Pais2, tr. 41.

51 *"Một băn khoăn như vậy là hệ quả từ một nghịch lý..."* Schilpp, tr. 53.

52 *Einstein nhận ra rằng nếu thời gian có thể thay đổi phụ thuộc vào vận tốc của bạn...*

Sự co ngắn của các vật thể di chuyển với tốc độ gần tốc độ ánh sáng thực ra đã được Hendrik Lorentz và George Francis FitzGerald khám phá trước Einstein chỉ một thời gian ngắn, nhưng họ đã không hiểu hiệu ứng này. Họ đã cố gắng phân tích hiệu ứng này theo khuôn mẫu Newton thuần túy, bằng việc giả định sự co ngắn là một sự nén ép có tính chất điện cơ của các nguyên tử được tạo ra bằng việc đi qua "gió ête". Sức mạnh của các ý tưởng của Einstein là ở chỗ ông không chỉ thu được toàn bộ thuyết tương đối hẹp từ một nguyên lý (sự không đổi của tốc độ ánh sáng), mà ông còn diễn giải điều này như là một nguyên lý phổ quát của tự nhiên mâu thuẫn với thuyết Newton. Vì vậy, các biến dạng này là các tính chất vốn có của không-thời gian, chứ không phải là các biến dạng điện cơ của vật chất. Nhà toán học vĩ đại người Pháp Henri Poincaré có lẽ đã gần thu được các phương trình giống như của Einstein. Nhưng chỉ Einstein tìm ra tập hợp đầy đủ các phương trình và thấu hiểu sâu sắc vấn đề này ở khía cạnh vật lý.

54 *"Với tư cách là một người bạn cũ, tôi phải khuyên anh đừng làm điều đó..."* Pais2, tr. 239.

60 *"Một trong những thành tựu lớn nhất..."* Folsing, tr. 444.

60 *"Không đâu..."* Parker, tr. 126.

61 *"Tôi cảm giác như thể..."* Brian, tr. 102.

63 *Đây là nguyên lý...*

Khi khí dãn nở, nó lạnh đi. Chẳng hạn, trong tủ lạnh của bạn, một đường ống nối phần bên trong và phần bên ngoài của buồng lạnh. Khi khí đi vào phần bên trong tủ lạnh, nó dãn nở, làm lạnh đường ống và thực phẩm. Khi nó rời khỏi phần bên trong tủ lạnh, đường ống thu nhỏ lại, do đó đường ống bị nóng lên. Cũng có một máy bơm cơ khí để dẫn khí qua đường ống. Như vậy, phần lưng của tủ lạnh trở nên nóng, trong khi phần bên trong trở nên lạnh. Các ngôi sao hoạt động theo trình tự ngược lại. Khi lực hấp dẫn nén ngôi sao, ngôi sao nóng lên, cho đến khi đạt được các nhiệt độ hợp hạch (tổng hợp hạt nhân).

CHƯƠNG BA: VỤ NỔ LỚN

74 *"Sự phát triển của thế giới có thể ví như một màn pháo hoa..."* Lemonick, tr. 26.

74 *"Là một nhà khoa học, tôi chỉ đơn giản là không thể tin..."* Croswell, tr. 37.

75 *"Chín mươi phần trăm các thuyết của Gamow..."* Smoot, tr. 61.

76 *"Các lớp học thường xuyên bị đình hoãn khi Odessa bị oanh tạc..."* Gamow1, tr. 14.

76 *"Tôi nghĩ rằng đây chính là thử nghiệm đã biến tôi thành một nhà khoa học."* Croswell, tr. 39.

77 *"Có anh chàng từ chốn Ba Ngôi..."* Gamow2, tr. 100.

79 *Theo cách điển hình, Gamow đã đưa ra...* Croswell, tr. 40.

79 *"Mỗi khi bạn mua một quả bóng bay, bạn đang nhận được các nguyên tử..."* *New York Times*, 29-4-2003, tr. F3.

81 *"Ngoại suy từ những ngày đầu tiên của vũ trụ..."* Gamow1, tr. 142.

82-83 *"Chúng tôi tiêu tốn một sinh lực kinh khủng để tổ chức những buổi nói chuyện về công trình này..."* Croswell, tr. 41.

84 *"Tôi kết luận rằng, thật không may, tôi đã sinh ra trong một thế giới..."* Croswell, tr. 42.

84 *Vì hành động hỗn xược bất tuân đó...* Croswell, tr. 42.

85 *"Tôi nghĩ rằng chúng tôi đã xem bộ phim đó một vài tháng trước..."* Croswell, tr. 43.

86 *"Không đời nào tôi đặt ra cụm từ này để xúc phạm cả..."* Croswell, tr. 45-46.

87 *"Khi mười lăm tuổi, tôi đã nghe Fred Hoyle trình bày bài thuyết trình trên BBC..."*

Croswell, tr. 111. Tuy nhiên, bài thuyết minh thứ năm và cuối cùng của Hoyle đã gây tranh cãi nhiều nhất vì ông chỉ trích tôn giáo. (Hoyle đã từng nói, theo kiểu thẳng thừng đặc trưng, rằng giải pháp cho vấn đề ở Bắc Ireland là tống giam mọi linh mục và mục sư. Ông đã nói: "Mọi tranh chấp tôn giáo mà tôi đã thấy hay đọc từ trước tới nay không đáng giá với cái chết của một đứa trẻ". Croswell, tr. 43.)

88-89 *"Do phấn khích với việc kiểm đếm..."* Gamow1, tr. 127.

95 *"Hoặc là do tiện nghi quá tốt của chiếc xe Cadillac..."* Croswell, tr. 63.

96 *"Nhiều người tin rằng sự tồn tại của nền vi sóng..."* Croswell, tr. 63-64.

98 *"Ngày nay những kẻ nịnh hót..."* Croswell, tr. 101.

98 *Ông còn điên tiết vì đã bị gạt ra khi giải Nobel...*

Mặc dù Zwicky, cho đến ngày qua đời, công khai bày tỏ sự cay đắng vì các khám phá khoa học của ông đã bị bỏ qua, nhưng Gamow lại giữ im lặng trước công chúng việc bị gạt ra khỏi giải Nobel, tuy nhiên ông cũng bày tỏ sự thất vọng lớn của mình qua các thư cá nhân. Thay vì thế, Gamow dành hết tài năng và tính sáng tạo khoa học đáng ngưỡng mộ của mình vào nghiên cứu ADN, cuối cùng khám phá ra một trong các cách bí mật tự nhiên tạo ra các axít amin từ ADN như thế nào. Người đoạt giải Nobel James Watson thậm chí đã thừa nhận sự đóng góp đó bằng cách đưa tên của Gamow vào tiêu đề cuốn tự truyện mới đây của ông.

99 *"Điều đó đã trở thành một câu nói vui trong gia đình tôi..."* Croswell, tr. 91.

102 *"Khi các hóa thạch được tìm thấy trong đá..."* *Scientific American*, tháng 7-1992, tr. 17.

CHƯƠNG BỐN: LẠM PHÁT VÀ CÁC VŨ TRỤ SONG SONG

113 *"Làm thế nào bạn có thể treo 500.000 pao nước..."* Cole, tr. 43.

114 *"Giống như con kỳ lân, đơn cực vẫn tiếp tục mê hoặc..."* Guth, tr. 30.

117 *"Tôi vẫn thấy lo lắng rằng một số hệ quả của thuyết có thể..."* Guth, tr. 186-67.

118 *"Steven có phản đối nó không?..."* Guth, tr. 191.

118 *"Tôi đã ở tình trạng bên rìa..."* Guth, tr. 18.

119 *"Ý tưởng dãn nở 'lạm phát' này nghe có vẻ điên khùng..."* Kirshner, tr. 188.

119 *"một thứ mốt mà các nhà vật lý năng lượng cao đã trút lên đầu các nhà vũ trụ học..."* Rees1, tr. 171.

121 *"Tôi vừa mới có cảm giác rằng Chúa không thể..."* Croswell, tr. 124.

124 *Mặc dù chúng ta mặc nhiên coi điều này là đúng, sự triệt tiêu...* Rees2, tr. 100.

125 *Có một ngoại lệ rõ ràng đối với quy tắc này...*

Từ lâu, các nhà khoa học đã tìm kiếm phản vật chất trong vũ trụ và đã tìm thấy một ít (ngoại trừ một số luồng phản vật chất gần lõi Ngân Hà). Vì vật chất và phản vật chất hầu như không thể phân biệt, tuân thủ cùng các định luật vật lý và hóa học, nên phân định chúng là điều vô cùng khó khăn. Tuy nhiên, có một cách là tìm kiếm các phát xạ tia gamma 1,02 triệu electron vôn đặc trưng. Đây là chỉ dấu cho sự có mặt của phản vật chất, vì đây là năng lượng tối thiểu được giải phóng khi một electron va chạm với một phản electron. Nhưng khi quét toàn vũ trụ, chúng ta không thấy bằng chứng nào về các lượng lớn các tia gamma 1,02 triệu electron vôn, điều này cho thấy phản vật chất rất khan hiếm trong vũ trụ.

127 *"Bí mật của tự nhiên là tính đối xứng..."* Cole, tr. 190.

129 *"Tất cả mọi điều xảy ra trong thế giới của chúng ta..." Scientific American,* tháng 6-2003, tr. 70.

132 *"Tôi đã hoàn toàn bạc đầu vì bức xạ nền vũ trụ..." New York Times,* 23-7-2002, tr. F7.

133 *Nếu một sao lùn trắng nặng hơn 1,4 lần khối lượng Mặt Trời...*

Giới hạn Chandrasekhar có thể rút ra từ lý lẽ sau đây. Một mặt, hấp dẫn thực hiện vai trò nén một sao lùn trắng tới các mật độ lớn không thể tin nổi, khiến các electron trong ngôi sao ngày càng xít lại gần nhau hơn. Mặt khác, nguyên lý loại trừ Pauli phát biểu rằng không có hai electron nào có thể có cùng các số lượng tử như nhau miêu tả trạng thái của chúng. Điều này có nghĩa là hai electron không thể chiếm chính xác cùng một điểm với các tính chất như nhau, do đó có một lực thuần đẩy các electron ra xa (ngoài lực đẩy tĩnh điện). Điều này có nghĩa rằng có một áp lực thuần đẩy ra phía ngoài, ngăn các electron không bị nén ép thêm nữa vào nhau. Vì thế chúng ta có thể tính toán khối lượng của sao lùn trắng khi hai lực này (một lực đẩy và một lực hút) chính xác triệt tiêu lẫn nhau, và đây là giới hạn Chandrasekhar, bằng 1,4 lần khối lượng Mặt Trời.

Đối với một sao notron, chúng ta có một quả cầu chứa các notron thuần túy đang bị lực hấp dẫn nén ép, do đó có một giới hạn Chandrasekhar mới bằng khoảng 3 lần khối lượng Mặt Trời, vì các notron cũng đẩy nhau do lực này. Nhưng một khi một ngôi sao notron nặng hơn giới hạn Chandrasekhar của nó, thì nó sẽ suy sụp thành một lỗ đen.

134 *"Lambda luôn luôn là một khái niệm quái đản..."* Croswell, tr. 204.

134-135 *"Tôi vẫn còn lắc đầu không tin, nhưng chúng tôi đã kiểm tra mọi thứ..."* Croswell, tr. 222.

135 *"phát hiện thực nghiệm kỳ lạ nhất kể từ khi tôi nghiên cứu vật lý"*. *New York Times*, 23-7-2002, tr. F7.

CHƯƠNG NĂM: CÁC CỔNG ĐA CHIỀU VÀ DU HÀNH TRONG THỜI GIAN

146 *"Nó sẽ là một thảm họa thật sự đối với thuyết tương đối rộng..."* Parker, tr. 151.

148 *"Kết quả chủ yếu của nghiên cứu này là sự hiểu biết rõ ràng..."* Thorne, tr. 136

149 *"một quy luật của Tự nhiên ngăn chặn một ngôi sao hành xử..."* Thorne, tr. 162.

152 *"Vượt qua vòng ma quái này và - ơ kìa!..."* Rees1, tr. 84.

154 *"Mười năm trước, nếu bạn tìm thấy một thiên thể mà bạn nghĩ là một lỗ đen..."* Tạp chí *Astronomy*, tháng 7-1998, tr. 44.

157 *"Ngôi sao này đã bị kéo dãn vượt quá..."* Rees1, tr. 88.

162 *"Tình trạng này dường như ngụ ý một điều phi lý..."* Nahin, tr. 81.

162 *"Theo tôi, bài viết của Kurt Gödel có đóng góp quan trọng cho thuyết tương đối rộng..."* Nahin, tr. 81.

166 *Như Jacob Bekenstein và Stephen Hawking đã chỉ ra...*

Họ là những người đầu tiên áp dụng cơ học lượng tử vào vật lý lỗ đen. Theo thuyết lượng tử, có một xác suất hữu hạn mà một hạt hạ nguyên tử có thể chui hầm theo cách của nó thoát khỏi sức hút hấp dẫn của lỗ đen, và sẽ từ từ phát ra bức xạ. Đây là một ví dụ về chui hầm.

169 *"Mọi thứ không bị cấm đều là thứ bắt buộc."* Thorne, tr. 137.

172 *"không hề có bằng chứng nào cho thấy cỗ máy thời gian..."* Nahin, tr. 521.

173 *"Không có quy luật vật lý nào ngăn cản sự xuất hiện của các đường cong khép kín tựa thời gian."* Nahin, tr. 522.

173 *"không là sự thắng thế cho những người say mê du hành thời gian, mà đúng hơn..."* Nahin, tr. 522.

175 *"Khi tìm ra lời giải này..."* Gott, tr. 104.

175 *"Để có thể du hành thời gian vào quá khứ, các dây vũ trụ với khối lượng..."* Gott, tr. 104.

175 *"Một vòng dây đang sụp đổ lớn đến nỗi nó chỉ cho phép bạn lượn quanh nó..."* Gott, tr. 110.

177 *Nghịch lý sinh sản.* Ví dụ nổi tiếng của nghịch lý sinh sản đã được nhà triết học người Anh Jonathan Harrison viết trong một câu chuyện xuất bản năm 1979 trong tạp chí *Analysis* (Phân tích). Các độc giả của tạp chí đã được mời tham gia đánh giá ý nghĩa của nó.

Câu chuyện bắt đầu bằng việc một cô gái là Jocasta Jones một ngày kia đã tìm thấy một tủ đông lạnh sâu đã cũ. Bên trong tủ đông lạnh cô phát hiện thấy một anh chàng đẹp trai bị đóng băng nhưng còn sống. Sau khi làm rã đông cho anh ta, cô biết anh ta tên là Dum. Dum nói với cô rằng anh có một cuốn sách miêu tả cách làm thế nào để chế ra một tủ đông lạnh sâu có thể bảo quản con người và một cỗ máy thời gian. Hai người yêu nhau, cưới nhau và nhanh chóng có một cậu con trai, cậu bé được đặt tên là Dee.

Nhiều năm qua đi, khi Dee trở thành một chàng trai trẻ, anh theo gương cha mình và quyết định chế tạo một cỗ máy thời gian. Lần này, cả Dee và Dum du hành về quá khứ, mang theo cuốn sách. Tuy nhiên, chuyến đi kết thúc bi thảm, và họ bị mắc kẹt trong quá khứ xa xăm và cạn kiệt lương thực, thực phẩm. Nhận ra rằng cái chết đã tới gần, Dee làm điều duy nhất có thể để sống là ăn thịt cha mình. Sau đó Dee quyết định làm theo hướng dẫn của cuốn sách và chế tạo một tủ đông lạnh sâu. Để bảo vệ mình, anh ta bước vào tủ đông lạnh và đông cứng trong trạng thái chết giả.

Nhiều năm sau, Jocasta Jones tìm thấy tủ đông lạnh và quyết định làm rã đông cho Dee. Để che đậy, Dee tự nhận mình là Dum. Họ yêu nhau và sau đó có một đứa con trai, được họ đặt tên là Dee... và như vậy chu kỳ lại tiếp tục.

Câu chuyện của Harrison đã nhận được hàng tá hồi âm. Một độc giả tuyên bố nó là "một câu chuyện cực kỳ vô lý theo mọi hệ lụy tới mức nó sẽ được coi là một phép *quy giản đến mức vô lý (reductio ad abusurdum)* của một giả định mập mờ mà câu chuyện này dựa vào: khả năng du hành trong thời gian." Chú ý rằng câu chuyện ở đây không có nghịch lý ông bà, vì Dee đang hành động phù hợp với quá khứ bằng cách đi ngược lại thời gian khi gặp mẹ mình. Dee cũng không hề làm bất cứ điều gì khiến hiện tại không thể xảy ra. (Tuy nhiên, có nghịch lý thông tin vì cuốn sách chứa bí mật của chết giả và thông tin về du hành thời gian xuất hiện từ hư không, nhưng bản thân cuốn sách không phải là điểm chính của câu chuyện.)

Một độc giả khác đã chỉ ra một nghịch lý sinh học kỳ lạ. Vì một nửa ADN của bất kỳ cá nhân nào đến từ người mẹ và một nửa đến từ người cha, điều này có nghĩa rằng Dee phải có một nửa ADN của mình từ mẹ là Jones và nửa từ người cha là Dum. Tuy nhiên, Dee lại là Dum. Vì thế, Dee và Dum phải có ADN như nhau, vì họ là cùng một người. Nhưng điều này là không thể, vì theo các định luật di truyền học, một nửa các gen của họ đến từ cô Jones. Nói cách khác, các câu chuyện du hành thời gian mà trong đó một người đi ngược lại thời gian, gặp mẹ của mình và làm cha của chính mình vi phạm các định luật di truyền học.

Người ta có thể nghĩ ở đây có một chỗ sơ hở đối với nghịch lý sinh sản. Nếu bạn có thể trở thành cả cha lẫn mẹ của bạn, thì tất cả ADN của bạn đến từ chính bản thân bạn. Trong truyện của Robert Heinlein "Cả lũ các người là những thây ma sống lại", một cô gái trẻ đã trải qua một phẫu thuật thay đổi giới tính và đi ngược lại thời gian hai lần để trở thành mẹ, cha, con trai và con gái của chính mình. Tuy nhiên, ngay cả trong câu chuyện kỳ lạ này, có một sự vi phạm tinh tế các định luật di truyền học.

Trong truyện "Cả lũ các người là những thây ma sống lại", một cô gái trẻ tên là Jane được nuôi dưỡng trong một trại trẻ mồ côi. Tới một ngày cô gặp và yêu một người lạ mặt đẹp trai. Cô sinh cho anh ta một con gái và đứa trẻ sau đó bị bắt cóc một cách bí ẩn. Jane gặp các biến chứng trong khi sinh nở, và các bác sĩ buộc phải biến đổi Jane thành một người đàn ông. Vài năm sau, người đàn ông này gặp một nhà du hành thời gian, và người này đưa anh ta trở về quá khứ, nơi anh gặp Jane khi là một cô gái trẻ. Họ yêu nhau và Jane mang thai. Sau đó anh ta bắt cóc đứa con gái mới đẻ của chính mình và đi xa hơn nữa trở về quá khứ, bỏ đứa con là Jane tại một trại trẻ mồ côi. Sau đó, Jane lớn lên để gặp một người lạ mặt đẹp trai. Câu chuyện này gần như tránh được nghịch lý sinh sản. Một nửa các gen của anh chàng là các gen đến từ cô gái trẻ Jane, và một nửa các gen còn lại đến từ Jane người lạ mặt đẹp trai. Tuy nhiên, một phẫu thuật thay đổi giới tính không thể thay đổi nhiễm sắc thể X của cô gái thành nhiễm sắc thể Y, và vì thế câu chuyện này cũng có nghịch lý giới tính.

17 *"Chúng ta không thể cử một nhà du hành thời gian trở về Vườn Địa Đàng..."* Hawking, tr. 84-85.

17 *"Lấy ví dụ, có thể ý chí của tôi là bước đi trên trần nhà..."* Hawking, tr. 84-85.

17 *Điều này loại bỏ các phân kỳ vô hạn mà Hawking đã tìm thấy...*

Cuối cùng, để giải quyết các câu hỏi toán học phức tạp này, người ta phải tiến tới một loại vật lý mới. Chẳng hạn, nhiều nhà vật lý, như Stephen Hawking và Kip Thorne, sử dụng cái gọi là phép xấp xỉ bán cổ điển - nghĩa là, họ chọn một thuyết lai tạp. Họ cho rằng các hạt hạ nguyên tử tuân theo nguyên lý lượng tử, nhưng chúng cho phép lực hấp dẫn trở nên êm ả và không bị lượng tử hóa (có nghĩa là, họ gạt bỏ các graviton ra khỏi các tính toán của mình). Vì tất cả các phân kỳ và dị thường đến từ các graviton, cách tiếp cận bán cổ điển không bị các vô hạn quấy rầy. Tuy nhiên, người ta có thể chỉ ra về mặt toán học rằng cách tiếp cận bán cổ điển là không nhất quán - nghĩa là, cuối cùng nó đưa ra các câu trả lời sai, do đó, các kết quả từ một tính toán bán cổ điển không thể tin cậy được, nhất là trong các khu vực thú vị nhất, chẳng hạn như tâm của một lỗ đen, lối vào một cỗ máy thời gian, và thời khắc của vụ nổ lớn. Lưu ý rằng nhiều "chứng minh" phát biểu rằng du hành trong thời gian là không thể hoặc bạn không thể đi qua một lỗ đen đã được thực hiện dựa trên phép xấp xỉ bán cổ điển, do đó không đáng tin cậy. Đó là lý do tại sao chúng ta phải tiến tới một thuyết hấp dẫn lượng tử như thuyết dây và thuyết M.

CHƯƠNG SÁU: CÁC VŨ TRỤ LƯỢNG TỬ SONG SONG

184 *Cũng chính Wheeler là người đã nêu ra...* Bartusiak, tr. 62.

186 *"Các định luật vật lý nền tảng cần cho lý thuyết toán học..."* Cole, tr. 68.

189 *"đối với một trí tuệ như vậy, không gì có thể là không chắc chắn..."* Cole, tr. 68.

189 *"Tôi là người theo thuyết tất định, buộc phải hành động như thể ý chí tự do có tồn tại..."* Brian, tr. 185.

191 *"Số 1: Tôi gọi tên chúng như tôi thấy chúng..."* Bernstein, tr. 96.

192 *"Sự điên rồ là khả năng phân biệt tinh tế về các loại điều vô nghĩa..."* Weinberg2, tr. 103.

192 *"Chẳng phải tất cả triết lý đều dường như được viết ra bằng mật ngọt đấy ư?..."* Pais2, tr. 318.

192 *Các nhà vật lý cũng thích thú truyền tai nhau câu chuyện bịa được cho là thốt ra từ miệng hiệu trưởng của một trường đại học...* Barrow1, tr. 185.

193 *"Có một thời báo chí viết rằng chỉ có mười hai người..."* Barrow3, tr. 143.

193 *"miêu tả tự nhiên rất phi lý theo quan điểm của tri giác thông thường..."* Greene1, tr. 111.

193 *"Tôi thừa nhận có hơi không thoải mái khi cả đời làm việc cho một*

khuôn khổ lý thuyết..." Weinberg1, tr. 85.

193 *"Khoa học không thể tìm ra lời giải bí ẩn tối hậu của Tự nhiên..."* Barrow3, tr. 378.

194 *"Thật tuyệt vời khi tôi có mặt tại cuộc đối thoại..."* Folsing, tr. 589.

195 *"Đối với Bohr, đây là một đòn nặng nề..."* Folsing, tr. 591; Brian, tr. 199.

196 *"Tôi tin rằng thuyết này chắc chắn chứa..."* Folsing, tr. 591.

196 *"Tất nhiên, ngày nay mọi kẻ dối trá nghĩ rằng anh ta biết câu trả lời..."* Kowalski, tr. 156.

197 *"Năng lượng được tạo ra..." New York Herald Tribune*, 12-9-1933.

198 *Vì không thấy có ý nói ngăn chặn thế lực bách chiến bách thắng của Quốc xã... New York Times*, 7-2-2002, tr. A12.

202 *"Một anh thợ cơ học lượng tử bậc trung cũng không triết lý nhiều hơn..."* Rees1, tr. 244.

202 *"Không thể trình bày các định luật của cơ học lượng tử..."* Crease, tr. 67.

202 *"Không điều gì tồn tại cho đến khi nó được trải nghiệm."* Barrow1, tr. 458.

202 *"Là con người..."* Tạp chí *Discover*, tháng 6 - 2002, tr. 48.

206 *"Có một vũ trụ..."* Trích dẫn trong chương trình truyền hình *Các vũ trụ song song* của BBC, 2002.

206 *"Chúng ta bị ám ảnh bởi nhận thức..."* Wilczek, tr. 128-29.

207 *"Bất cứ khi nào một sinh vật phải đứng trước vài lựa chọn hành động..."* Rees1, tr. 246.

209 *"Ở đâu có khói, thì ở đó có khói."* Bernstein, tr. 131.

209 *"Tôi vừa mới phát điên lên vì câu hỏi đó..."* Bernstein, tr. 132.

216 *"Những người biết nhau..."* *National Geographic News*, www.nationalgeographic.com, 29-1-2003.

216 *"Có thể, các vật thể lớn cỡ..."*

216 *"Điều then chốt bây giờ..."*

CHƯƠNG BẢY THUYẾT M: MẸ CỦA MỌI DÂY

221 *"Tôi đã tìm thấy một nguyên tắc tổng quát..."* Nahin, tr. 147.

223 *"Có thể có một lượng bất kỳ các Vũ trụ ba chiều..."* Wells2, tr. 20.

226 *"Anh có thể thích thú khi nghe tin..."* Pais2, tr. 179.

226 *"Tôi tin mình đúng..."* Moore, tr. 432.

226 *"Chúng tôi ngồi dưới này..."* Kaku2, tr. 137.

228 *"Đúng ra, các nhà vật lý thế kỷ 20..."* Davies2, tr. 102.

231 *Trong một phương trình chỉ dài khoảng một inch rưỡi, chúng tôi có thể tóm tắt tất cả thông tin có trong thuyết dây.* Về nguyên tắc, toàn bộ thuyết dây có thể được tóm tắt theo thuyết trường dây của chúng tôi. Tuy nhiên, thuyết vẫn chưa ở dạng cuối cùng của nó, vì bất biến Lorentz hiển nhiên đã bị phá vỡ. Sau này, Witten đã có thể viết ra một phiên bản tao nhã của thuyết trường dây boson mở mà nó là hiệp biến. Sau này, nhóm MIT, nhóm Kyoto và tôi đã có thể xây dựng thuyết dây boson kín hiệp biến (tuy nhiên, nó là phi đa thức và vì thế khó tính toán). Ngày nay, với thuyết M, mối quan tâm đã chuyển sang các màng, nhưng vẫn không rõ liệu một thuyết trường màng đích thực có thể được xây dựng hay không.

223 *Tương tự, mô hình siêu dây của Neveu, Schwarz và Ramond chỉ có thể tồn tại trong mười chiều.* Quả thật, có một vài lý do tại sao mười và mười một là các con số được ưa thích trong thuyết dây và thuyết M. Thứ nhất, nếu chúng ta nghiên cứu các biểu diễn của nhóm Lorentz trong các chiều ngày càng cao hơn, chúng ta thấy rằng nói chung số lượng các fermion tăng theo cấp số mũ theo số lượng chiều, trong khi số lượng các boson tăng tuyến tính theo số lượng chiều. Vì vậy, chỉ với các chiều thấp chúng ta mới có thể có một thuyết siêu đối xứng với số lượng bằng nhau của các fermion và các boson. Nếu chúng ta phân tích cẩn thận lý thuyết nhóm, chúng ta thấy rằng mười và mười một chiều mang lại cho chúng ta sự cân bằng hoàn hảo (giả sử rằng chúng ta có tối đa một hạt với spin bằng hai, không phải ba hoặc cao hơn). Vì vậy, trên nền tảng lý thuyết nhóm thuần túy, chúng ta có thể thấy rằng mười và mười một là các chiều được ưa thích.

Cũng có các cách khác để chỉ ra rằng mười và mười một là các "con số ma thuật". Nếu chúng ta nghiên cứu các sơ đồ vòng lặp cao hơn, chúng ta thấy rằng tính đơn nhất chung không được bảo toàn, và đó là một thảm họa cho thuyết này. Nó có nghĩa là các hạt có thể xuất hiện và biến mất như thể do ma thuật. Chúng ta thấy rằng tính đơn nhất được phục hồi cho thuyết nhiễu loạn trong các chiều trên.

Chúng ta cũng có thể chỉ ra rằng trong mười và mười một chiều, các hạt "ma" có thể bị làm biến mất. Đây là những hạt không tuân theo các điều kiện vật lý thông thường.

Tóm lại, chúng ta có thể chỉ ra rằng trong các "con số ma thuật" này chúng ta có thể bảo toàn: (a) tính siêu đối xứng, (b) tính hữu hạn của thuyết nhiễu loạn, (c) tính đơn nhất của chuỗi nhiễu loạn, (d) bất biến Lorentz, (e) dị thường bị triệt tiêu.

233 *"Thế nào, John, hôm nay..."* Trao đổi riêng tư.

235 *Tương tự như thế, các phân kỳ cũng là tai họa cho bất kỳ thuyết hấp dẫn lượng tử nào.* Khi các nhà vật lý cố gắng giải quyết một lý thuyết phức tạp, họ thường sử dụng "thuyết nhiễu loạn", ý tưởng về giải quyết trước tiên một thuyết đơn giản hơn rồi phân tích những sai lệch nhỏ từ thuyết này. Những sai lệch rất nhỏ này lại cho chúng ta một lượng vô hạn các hệ số hiệu chỉnh nhỏ đối với thuyết lý tưởng gốc. Mỗi hiệu chỉnh thường được gọi là một biểu đồ Feynman và về mặt đồ thị có thể được miêu tả bằng các biểu đồ tượng trưng cho mọi cách thức có thể có, trong đó các hạt khác nhau có thể va chạm vào nhau.

Trong quá khứ, các nhà vật lý đã gặp rắc rối với việc các số hạng trong thuyết nhiễu loạn trở thành vô hạn, làm cho toàn bộ chương trình trở nên vô dụng. Tuy nhiên, Feynman và các đồng sự đã tìm ra một loạt các thủ thuật và thao tác khéo léo để loại bỏ các vô hạn này (điều mang lại cho họ giải Nobel năm 1965).

Trở ngại với hấp dẫn lượng tử là tập hợp các hiệu chỉnh lượng tử này thực sự là vô hạn - mỗi hệ số hiệu chỉnh bằng vô cùng, ngay cả khi chúng ta sử dụng vô vàn mưu kế do Feynman và các đồng sự nghĩ ra. Chúng ta nói rằng, hấp dẫn lượng tử là "không thể tái chuẩn hóa".

Trong thuyết dây, các nhiễu loạn này thực sự là hữu hạn, và đó là lý do nền tảng tại sao trước hết chúng ta nghiên cứu thuyết dây. (Về mặt kỹ thuật mà nói, một bằng chứng tuyệt đối nghiêm ngặt cho điều này không tồn tại. Tuy nhiên, các lớp biểu đồ vô hạn có thể được chỉ ra là hữu hạn, và các lập luận toán học ít nghiêm ngặt hơn cho thấy rằng thuyết này có lẽ là hữu hạn ở mọi bậc.) Tuy nhiên, chỉ riêng sự mở rộng của các nhiễu loạn không thể đại diện cho vũ trụ mà chúng ta biết, vì các nhiễu loạn mở rộng bảo toàn tính siêu đối xứng hoàn hảo, điều mà chúng ta không thấy trong tự nhiên. Trong vũ trụ, chúng ta thấy rằng các tính đối xứng đã bị phá vỡ hoàn toàn (chẳng hạn, chúng ta không thấy bằng chứng thực nghiệm của các siêu hạt). Do đó, các nhà vật lý muốn có một miêu tả "không nhiễu loạn" của thuyết dây, một điều cực kỳ khó khăn. Quả thật, hiện tại không có cách thức thống nhất nào để tính toán các hiệu chỉnh không nhiễu loạn cho một thuyết trường lượng tử. Có nhiều vấn đề trong xây dựng một miêu tả không nhiễu loạn. Ví dụ, nếu chúng ta muốn tăng cường độ của các lực trong thuyết, thì mỗi số hạng trong thuyết nhiễu loạn ngày càng lớn hơn, khiến cho thuyết nhiễu loạn không có nghĩa gì. Ví dụ, tổng 1 + 2 + 3 + 4... không mấy ý nghĩa, vì mỗi số hạng ngày càng lớn hơn. Lợi thế của thuyết M là ở chỗ, lần đầu tiên, chúng ta có thể xác lập các kết quả không nhiễu loạn thông qua tính nhị nguyên. Điều này có nghĩa rằng giới hạn không nhiễu loạn của một thuyết dây có thể tương đương với một thuyết dây khác.

236 *Dần dần, họ đã nhận ra giải pháp có thể làm là từ bỏ cách tiếp cận sửa chữa tạm thời và chấp nhận một thuyết mới hoàn toàn.* Thuyết dây và thuyết M đại diện cho một cách tiếp cận mới triệt để hơn thuyết tương đối rộng. Trong khi Einstein đã xây dựng thuyết tương đối rộng xung quanh khái niệm về không-thời gian cong, thì thuyết dây và thuyết M được xây dựng xung quanh khái niệm về một vật thể mở rộng, như một dây hay một màng, di chuyển trong một không gian siêu đối xứng. Cuối cùng, ta hoàn toàn có khả năng liên kết hai bức tranh này, nhưng hiện tại điều này chưa được hiểu rõ.

237 *"Tôi không phải là một người khiêm tốn..."* Tạp chí *Discover*, tháng 8 - 1991, tr. 56.

239 *"Âm nhạc tạo ra trật tự từ hỗn loạn..."* Barrow2, tr. 305.

239 *"Âm nhạc là bài tập số học ẩn của một tâm hồn..."* Barrow2, tr. 205.

240 *"Âm nhạc và khoa học đã [từng có thời] được đồng nhất hóa sâu sắc..."* Barrow2, tr. 205.

245 *Điều này miêu tả chính xác tính đối xứng của siêu dây, được gọi là tính siêu đối xứng.* Vào cuối thập niên 1960, khi các nhà vật lý bắt đầu tìm kiếm một tính đối xứng có thể bao gồm tất cả các hạt của tự nhiên, lực hấp dẫn hiển nhiên đã không được tính đến. Đó là bởi vì có hai loại đối xứng. Những đối xứng tìm thấy trong vật lý hạt là các đối xứng hoán đổi các hạt với nhau. Nhưng cũng còn một kiểu đối xứng khác, là tính đối xứng biến đổi không gian thành thời gian, và các đối xứng không-thời gian này liên quan đến lực hấp dẫn. Thuyết hấp dẫn không dựa trên đối xứng của các hạt điểm đang trao đổi, mà là trên các đối xứng của các phép quay trong bốn chiều: nhóm Lorentz trong bốn chiều O(3,1).

Vào thời gian này, Sidney Coleman và Jeffrey Mandula đã chứng minh một định lý nổi tiếng phát biểu rằng không thể kết hợp các đối xứng không-thời gian, là các đối xứng miêu tả lực hấp dẫn, với các đối xứng miêu tả các hạt. Định lý chặn đường này đã giội một gáo nước lạnh vào bất kỳ cố gắng nào nhằm xây dựng một "tính đối xứng tổng thể" của vũ trụ. Chẳng hạn, nếu ai đó đã thử kết hợp nhóm thống nhất lớn SU(5) với nhóm tương đối O(3,1), người ấy sẽ thấy một thảm họa. Chẳng hạn, khối lượng của các hạt sẽ đột nhiên trở thành gia trị liên tục chứ không rời rạc nữa. Điều này là đáng thất vọng, vì nó có nghĩa rằng người ta không thể ngây thơ gộp lực hấp dẫn với các lực khác bằng cách viện dẫn tới một tính đối xứng cao hơn. Điều này có nghĩa rằng một thuyết trường thống nhất chắc là không thể.

Tuy nhiên, thuyết dây giải quyết mọi vấn đề toán học gai góc này với tính đối xứng mạnh nhất đã tìm thấy từ trước tới nay cho vật lý hạt: tính siêu đối xứng. Hiện nay, tính siêu đối xứng là cách duy nhất đã biết để tránh được định lý Coleman-Mandula. (Tính siêu đối xứng khai thác một kẽ hở nhỏ nhưng quyết định trong định lý này. Thông thường, khi chúng ta đưa ra các số như a hay b, chúng ta giả định rằng $a \times b = b \times a$. Điều này đã được ngầm giả định trong định lý Coleman-Mandula.

Nhưng trong tính siêu đối xứng, chúng tôi đã đưa ra các "siêu số", chẳng hạn như $a \times b = -b \times a$. Các siêu số này có các tính chất kỳ lạ. Ví dụ, nếu $a \times a = 0$, thì a có thể không bằng 0, một điều nghe có vẻ phi lý đối với các số thông thường. Nếu chúng ta chèn các siêu số vào định lý Coleman-Mandula, chúng ta thấy rằng nó sai.)

248 *Tính siêu đối xứng cũng giải quyết một loạt các vấn đề kỹ thuật cao...* Trước hết, nó giải quyết vấn đề cấp độ, là vấn đề làm sụp đổ thuyết thống nhất lớn. Khi xây dựng các thuyết trường thống nhất, chúng ta tiến gần tới hai thang khối lượng hoàn toàn khác nhau. Một số các hạt, như proton, có khối lượng như vẫn gặp hiện nay. Tuy nhiên, các hạt khác rất nặng và có năng lượng có thể so với các hạt được tìm thấy gần vụ nổ lớn, là năng lượng Planck. Hai thang khối lượng này phải có cấp độ riêng biệt. Tuy nhiên, khi chúng ta tìm hệ số trong các hiệu chỉnh lượng tử, chúng ta nhận thấy một thảm họa. Vì các thăng giáng lượng tử, hai kiểu khối lượng này bắt đầu trộn lẫn, vì có xác suất hữu hạn rằng một tập hợp các hạt ánh sáng sẽ chuyển thành một tập hợp các hạt nặng khác và ngược lại. Điều này có nghĩa rằng phải có một chuỗi liên tục các hạt với các khối lượng biến thiên từ từ giữa các khối lượng thường ngày hiện nay và các khối lượng khổng lồ tìm thấy tại vụ nổ lớn, mà chúng ta rõ ràng không thấy trong tự nhiên. Đây là nơi tính siêu đối xứng thể hiện vai trò của mình. Người ta có thể chỉ ra rằng hai thang năng lượng không trộn lẫn trong một thuyết siêu đối xứng. Có một quá trình triệt tiêu đẹp đẽ diễn ra, khiến cho hai thang này không bao giờ tương tác với nhau. Các số hạng fermion triệt tiêu chính xác các số hạng boson, sinh ra các kết quả hữu hạn. Với hiểu biết của chúng ta, tính siêu đối xứng có thể là giải pháp duy nhất cho vấn đề cấp độ.

Ngoài ra, tính siêu đối xứng giải quyết vấn đề do định lý Coleman-Mandula đặt ra lần đầu vào thập niên 1960, trong đó đã chứng minh rằng không thể kết hợp một nhóm đối xứng của các quark, như SU(3), với một nhóm đối xứng của không-thời gian, như trong thuyết tương đối của Einstein. Vì thế, theo định lý này một tính đối xứng hợp nhất thống nhất cả hai nhóm là không thể. Điều này đáng buồn, vì nó có nghĩa rằng sự hợp nhất về mặt toán học là không thể. Tuy nhiên, tính siêu đối xứng tạo ra một kẽ hở tinh tế đối với định lý này. Đây là một trong nhiều đột phá lý thuyết của tính siêu đối xứng.

261 *"Toán học thuần túy, theo cách của nó, là thi ca của tư duy logic".* Cole, tr. 174.

261 *"Không thể hiểu được [vũ trụ] nếu như ta không học được ngôn ngữ của nó..."* Wilzcek, tr. 138.

262 *"Sự khác biệt về cấp độ này không hề nhỏ..."* www.edge.org, 10-2-2003.

264 *"Khi người ta lần đầu đề xuất rằng các chiều có thêm chỉ ra..."* www.edge.org, 10-2-2003.

267 *"Có lẽ tốc độ dãn nở của vũ trụ tăng..."* Seife, tr. 197.

268 *"Điều đó giống như việc ném một cái ghế vào trong một lỗ đen..."* tạp chí *Astronomy*, tháng 5 - 2002, tr. 34.

268 *"Nếu anh có sự khởi đầu hoàn hảo..."* Tạp chí *Astronomy*, tháng 5 - 2002, tr. 34.

268 *"Phẳng cộng phẳng..."* Tạp chí *Astronomy*, tháng 5 - 2002, tr. 34.

268 *"Tôi không nghĩ Paul và Neil sắp chứng minh được quan điểm của họ..."* Tạp chí *Discover*, tháng 2 - 2004, tr. 41.

268 *"Về lâu dài, tôi nghĩ rằng chắc chắn thuyết dây và thuyết M..."* Tạp chí *Astronomy*, tháng 5 - 2002, tr. 39.

270 *"Tôi nghĩ rằng thật ngớ ngẩn..."* Tạp chí *Discover*, tháng 2 - 2004, tr. 41.

274 *"Phần lớn các nhà vật lý muốn tin rằng thông tin không bị mất đi..."* Greene1, tr. 343.

277 *Maldacena đã chỉ ra rằng có một nhị nguyên giữa vũ trụ năm chiều này...* Chính xác hơn, điều mà Maldacena đã chỉ ra là thuyết dây kiểu II, được compact hóa thành một không gian phản de Sitter năm chiều, là nhị nguyên với một thuyết trường đồng hình bốn chiều nằm trên ranh giới của nó. Hy vọng ban đầu là một phiên bản sửa đổi của tính nhị nguyên kỳ lạ này có thể được thiết lập giữa thuyết dây và sắc động lực học lượng tử bốn chiều, là thuyết của các tương tác mạnh. Nếu một nhị

nguyên như vậy có thể được xây dựng, nó sẽ là một bước đột phá, vì khi đó người ta có thể tính toán tính chất của các hạt tương tác mạnh, chẳng hạn như proton, trực tiếp từ thuyết dây. Tuy nhiên, hiện nay hy vọng này chưa được đáp ứng.

280 *"Thuyết trường, với tính vô hạn của nó..."* *Scientific American*, tháng 8 - 2003, tr. 65.

281 *"Một thuyết cuối cùng..."* như trên.

285 *"Hiện tại, các nhà lý luận thuyết dây đang ở vị trí tương tự như Einstein khi bị mất nguyên lý tương đương..."* Greene1, tr. 376.

CHƯƠNG TÁM: NHÀ THIẾT KẾ VŨ TRỤ?

289 *"Không có Mặt Trăng sẽ có không ánh trăng, không có các tháng..."* Brownlee và Ward, tr. 222.

291 *"Có vô số thế giới với đủ các kích thước khác nhau..."* Barrow1, tr. 37.

292 *"Bạn có thể hình dung về một ngôi sao và một hành tinh lớn như các đôi bạn nhảy..."* www.sciencedaily.com, 4-7-2003.

293 *Điều bất thường là hành tinh này...* www.sciencedaily.com, 4-7-2003.

293 *"Chúng tôi đang khảo sát tất cả 2.000 ngôi sao gần nhất giống mặt trời..."* www.sciencedaily.com, 4-7-2003.

295 *Nhà vật lý Don Page đã tổng kết...* Page, Don. *"The Importance of the Anthropic Principle"* (Tầm quan trọng của nguyên lý vị nhân). Đại học bang Pennsylvania, 1987.

295 *"Trật tự cực kỳ tinh tế..."* Margenau, tr. 52.

295 *"không chỉ là 'bất kỳ thế giới cổ xưa nào', mà có tính đặc thù và được tinh chỉnh cho sự sống..."* Rees2, tr. 166.

296 *"Con người gần như không thể cưỡng lại niềm tin..."* *New York Times*, 29-10-2002, tr. D4.

296 *"Thật khó mà tin rằng ai đó sẽ sử dụng nguyên lý vị nhân..."* Lightman, tr. 479.

297 *"Sự tinh chỉnh chi phối sự tồn tại của chúng ta có thể là..."* Rees1, tr. 3.

298 *Rees chỉ ra rằng...* Rees2, tr. 56.

298 *"Tại thời điểm một giây sau vụ nổ lớn, omega không thể khác 1..."* Rees2, tr. 99.

299 *"Các khối vật chất lớn này có thể đã kết tụ thành các lỗ đen khổng lồ..."* Tạp chí *Discover*, tháng 11 - 2000, tr. 68.

300 *"Nếu có một tủ đầy quần áo, bạn sẽ không ngạc nhiên..."* Tạp chí *Discover*, tháng 11 - 2000, tr. 66.

CHƯƠNG CHÍN: TÌM KIẾM TIẾNG DỘI TỪ CHIỀU THỨ MƯỜI MỘT

304 *"Các vũ trụ khác có thể làm bạn say sưa quá đà..."* Croswell, tr. 128.

305 *Mọi thứ từ bản đồ số trong các xe ô tô cho đến các tên lửa hành trình...* Bartusiak, tr. 55.

305 *Nhưng để đảm bảo độ chuẩn xác đáng kinh ngạc như vậy, các nhà khoa học phải tính đến các hiệu chỉnh nhỏ cho các định luật Newton theo thuyết tương đối, trong đó nêu rằng tần số sóng vô tuyến sẽ dịch chuyển một chút khi các vệ tinh bay trong vũ trụ.* Dịch chuyển này diễn ra theo hai cách. Vì các vệ tinh gần Trái Đất di chuyển với tốc độ 18.000 dặm (29.000 km) mỗi giờ, nên thuyết tương đối hẹp sẽ chi phối, và thời gian trên vệ tinh chậm lại. Điều này có nghĩa là các đồng hồ trên vệ tinh dường như chậm hơn một chút so với các đồng hồ trên mặt đất. Nhưng theo thuyết tương đối rộng, vì vệ tinh chịu một trường hấp dẫn yếu hơn trong không gian vũ trụ, nên thời gian cũng tăng tốc. Do đó, tùy thuộc vào khoảng cách vệ tinh tới Trái Đất, các đồng hồ của vệ tinh hoặc là sẽ chậm lại (do thuyết tương đối hẹp) hoặc tăng tốc (do thuyết tương đối rộng). Trên thực tế, ở một khoảng cách nhất định từ Trái Đất, hai hiệu ứng sẽ chính xác triệt tiêu nhau, và đồng hồ trên vệ tinh sẽ chạy với tốc độ như một đồng hồ trên Trái Đất.

306 *"Mỗi khi chúng ta ngước nhìn bầu trời theo một cách mới, chúng ta sẽ thấy một vũ trụ mới..."* *Newsday*, 17-9-2002, tr. A46.

307 *Với công trình này, họ đã giành giải Nobel vật lý vào năm 1993.* *Newsday*, 17-9-2002, tr. A47.

308 *"Hãy tưởng tượng rằng Trái Đất cũng phẳng nhẵn như vậy. Khi đó, ngọn núi trung bình..."* Bartusiak, tr. 152.

308 *"Hầu hết các kỹ sư đều kinh ngạc khi họ nghe nói tới..."* Bartusiak, tr. 158-59.

309 *"Nó giống như tiếng sấm rền vậy..."* Bartusiak, tr. 154.

309 *Mỗi thiết bị quang học nhạy này đều có hệ thống cách ly địa chấn riêng...* Bartusiak, tr. 158.

309 *Cả thảy, tổng chi phí xây dựng cuối cùng của LIGO sẽ là 292 triệu đô la Mỹ...* Bartusiak, tr. 150.

309 *"Từ chỗ phát hiện..."* Bartusiak, tr. 169.

310 *"Con người thích thú giải quyết các thách thức kỹ thuật này..."* Bartusiak, tr. 170.

310 *LIGO II sẽ mở ra cho chúng ta nhiều cơ hội...* Bartusiak, tr. 171.

311 *Nếu mọi thứ diễn ra theo đúng kế hoạch...* Bức xạ nền vũ trụ do vệ tinh WMAP đo đạc xuất hiện sau vụ nổ lớn 379.000 năm, vì đó là thời điểm các nguyên tử bắt đầu kết tụ. Tuy nhiên, các sóng hấp dẫn mà LISA có thể phát hiện ra có từ khi lực hấp dẫn lần đầu tiên bắt đầu tách ra từ các lực khác, diễn ra gần thời khắc của bản thân vụ nổ lớn. Do đó, một số nhà vật lý tin rằng LISA sẽ có thể xác nhận hoặc bác bỏ nhiều thuyết đang được đề xuất hiện nay, bao gồm cả thuyết dây.

312 *"Một nửa độ lệch này là do trường hấp dẫn của Mặt Trời theo thuyết Newton..."* *Scientific American*, tháng 11 - 2001, tr. 66.

312 *"Không có nhiều hy vọng quan sát được trực tiếp hiện tượng này..."* Petters, tr. 7, 11.

313 *Hơn bốn mươi năm sau, vào năm 1979, một phần chứng cứ đầu tiên... Scientific American*, tháng 11 - 2001, tr. 68.

313 *Ngày nay, các vành Einstein là một vũ khí thiết yếu... Scientific American*, tháng 11 - 2001, tr. 68.

313 *Kể từ đó, khoảng một trăm cung thiên hà... Scientific American*, tháng 11 - 2001, tr. 70.

315 *Năm 1998, các nhà thiên văn tại Trung tâm vật lý thiên văn Harvard-Smithsonian... Scientific American*, tháng 11 - 2001, tr. 69.

316 *Các nhà vật lý ước tính mỗi giâycó một tỉ hạt vật chất tối... Scientific American*, tháng 3 - 2003, tr. 54.

316 *Cho tới nay, các thử nghiệm như UKDMC... Scientific American*, tháng 3 năm 2003, tr. 55.

316 *"Nếu các thiết bị dò ghi lại được và xác nhận một tín hiệu..." Scientific American*, tháng 3 - 2003, tr. 59.

325 *"Cho tới nay, Newton vẫn đang giữ vững vị trí của mình..."* www.space.com, 27-2-2003.

326 *"Các nhà vật lý chắc chắn rằng các va chạm thực hiện trong máy LHC có thể bộc lộ các "trò ảo thuật" mới lạ mà tự nhiên..."* *Scientific American*, tháng 7 - 2000, tr. 71.

328 *Các ước tính khối lượng của boson Higgs... Scientific American*, tháng 6 - 2003, tr. 75.

330 *Nhưng cuối cùng Liên Xô tan rã...* Trong những ngày cuối cùng của phiên điều trần về số phận của SSC, một nghị sĩ đã đặt câu hỏi: chúng ta sẽ tìm thấy cái gì với cỗ máy này? Thật không may, câu trả lời được đưa ra là boson Higgs. Có thể nhận thấy sự sửng sốt của các nghị sĩ; 11 tỉ đô la chỉ để tìm ra thêm một hạt nữa? Nghị sĩ đảng Cộng hòa Harris W. Fawell (bang Illinois) đã đặt một trong những câu hỏi cuối cùng, "Liệu [cỗ máy] này có giúp chúng ta thấy được Chúa?" Nghị sĩ đảng Cộng hòa Don Ritter (bang Pennsylvania) sau đó đã bổ sung thêm: "Nếu cỗ máy này làm được điều đó, tôi sẽ thay đổi ý kiến và ủng hộ nó" (Weinberg1, tr. 244). Thật không may, các nhà vật lý đã không đưa ra được câu trả lời vững chắc, có sức thuyết phục.

Do kết quả của cuộc điều trần và các sai lầm trong quan hệ công chúng khác, SSC đã bị bác bỏ. Quốc hội Hoa Kỳ đã giao cho chúng ta 1 tỉ đô la để đào một cái hố cho cỗ máy. Sau đó quốc hội lại hủy bỏ nó và cho chúng ta 1 tỉ đô la nữa để lấp đầy cái hố đã đào. Quốc hội, nhờ sự sáng suốt của mình, đã cho chúng ta 2 tỉ đô la để đào một cái hố và sau đó lấp nó, biến nó trở thành cái hố đắt tiền nhất trong lịch sử.

(Cá nhân tôi nghĩ rằng nhà vật lý đáng thương được giao nhiệm vụ trả lời câu hỏi về Chúa lẽ ra phải nói: "Thưa các vị, chúng ta có thể tìm thấy hoặc không tìm thấy Chúa, nhưng cỗ máy của chúng tôi sẽ dẫn chúng ta tới gần Chúa nhất trong mức độ mà loài người có thể tới được, dưới bất kỳ cái tên nào mà các vị dùng để gọi đấng thần linh. Nó có thể hé lộ bí mật về hành động vĩ đại nhất của Chúa, là tạo ra bản thân vũ trụ.")

333 *"Mặc dù hơi kỳ, nhưng đây là kịch bản xác nhận thuyết dây yêu thích của tôi..."* Greene1, tr. 224.

333 *Brian Greene liệt kê năm ví dụ...* Greene1, tr. 225.

334 *"Tôi tin chắc..."* Kaku3, tr. 699.

CHƯƠNG MƯỜI: KẾT THÚC CỦA VẠN VẬT

339 *Định luật một phát biểu rằng tổng lượng...* Định luật này có nghĩa là các "động cơ vĩnh cửu" hoạt động mà "không cần cung cấp năng lượng" là không thể có theo các định luật vật lý đã biết.

340 *"Định luật cho rằng entropy luôn tăng..."* Barrow1, tr. 658.

341 *"Sự suy sụp của vũ trụ: Một nghiên cứu về mạt thế"*. Rees1, tr. 194.

342 *"Thật đáng tiếc là tôi phải đồng tình rằng trong trường hợp này chúng ta không thoát khỏi bị chiên giòn..."* Rees1, tr. 198.

346 *Các giả lập máy tính được thực hiện tại Đại học California ở Santa Cruz...* www.sciencedaily.com, 28-5-2003; *Scientific American*, tháng 8-2003, tr. 84.

347 *"Miễn là con người trở nên thông minh nhanh hơn so với tốc độ Mặt Trời trở nên sáng hơn..."* Croswell, tr. 231.

347 *"Trong một vài tỉ năm trước khi Mặt Trời phình lên thành một sao kềnh đỏ..."* Croswell, tr. 232.

348 *Vì ngôi sao lùn này sẽ chỉ nặng bằng 0,55 lần khối lượng Mặt Trời...* Tạp chí *Astronomy*, tháng 11-2001, tr. 40.

348 *"Mẹ Tự nhiên không có ý định làm cho chúng ta hạnh phúc..."* www.abcnews.com, 24-1-2003.

349 *Một lỗ đen mini kích thước cỡ một proton có thể phát ra...* Rees1, tr. 182.

351 *"Và như thế, cuối cùng, sau 10^{117} năm..."* tạp chí *Discover*, tháng 7-1987, tr. 90.

353 *"Hàng tỉ năm trước, vũ trụ quá nóng để sự sống có thể tồn tại..."* *Scientific American*, tháng 11-1999, tr. 60-63.

354 *"Sự trường tồn sẽ giống như một nhà tù, hơn là một chân trời sáng tạo và thám hiểm vô cùng tận cứ lùi dần..."* *Scientific American*, tháng 11 - 1999, tr. 60-63.

CHƯƠNG MƯỜI MỘT: ĐÀO THOÁT KHỎI VŨ TRỤ

359 *"Các lỗ giun, các chiều phụ và các máy tính lượng tử..."* Rees3, tr. 182.

361-2 *Toàn thể dân cư của một nền văn minh kiểu I có thể nói song ngữ theo kiểu này, bằng cả ngôn ngữ bản địa lẫn ngôn ngữ hành tinh.*

Điều này cũng có thể áp dụng cho một văn hóa kiểu I. Tại nhiều quốc gia thuộc thế giới thứ ba, tầng lớp thượng lưu nói bằng cả ngôn ngữ địa phương lẫn tiếng Anh cũng bắt kịp xu hướng văn hóa và thời trang phương Tây. Một nền văn minh kiểu I khi đó có thể có hai nền văn hóa, với một nền văn hóa hành tinh trải rộng trên toàn cầu, cùng tồn tại với các văn hóa và tập quán địa phương. Vì thế tiến tới một nền văn hóa hành tinh không có nghĩa các nền văn hóa địa phương bị hủy hoại.

367 *Jun Jugaku từ Viện Nghiên cứu văn minh Nhật Bản và các đồng nghiệp đã tìm kiếm...Scientific American*, tháng 7-2000, tr. 40.

369 *"Giả sử có một thuộc địa vũ trụ điển hình trải rộng 10 năm ánh sáng..." Scientific American*, tháng 7-2000, tr. 41.

369 *Tuy nhiên, điều đó không loại trừ các nền văn minh chỉ hơi vượt qua chúng ta... Scientific American*, tháng 7-2000, tr. 40.

370 *Để ngăn cản sự phân mảnh của một vũ trụ Carroll như vậy...* Dyson, tr. 163.

371 *Khi tôi nhắc cậu bé rằng chỉ có các hành tinh, các ngôi sao và các thiên hà...* Có thể hình dung được là có thể có một nền văn minh thậm chí còn cao hơn kiểu III, nền văn minh khai thác sức mạnh của năng lượng tối, chiếm tới 73% hàm lượng vật chất/năng lượng tổng cộng của vũ trụ. Trong loạt phim truyền hình *Du hành tới các vì sao*, kiểu *Q* sẽ đủ điều kiện cho một nền văn minh như vậy, vì sức mạnh của *Q* trải rộng ra các thiên hà.

375 *"Hoàn toàn có thể hiểu được rằng, ngay cả khi sự sống hiện nay chỉ tồn tại trên Trái Đất..."* Lightman, tr. 169.

375 *"Nếu hủy diệt chính mình, chúng ta sẽ hủy hoại các tiềm năng vũ trụ thật sự..."* Lightman, tr. 169.

382 *"Liệu điều này có nghĩa là các định luật vật lý thật sự cho phép chúng ta tạo ra một vũ trụ mới..."* Guth, tr. 255.

391 *"Một nền siêu văn minh trong tương lai có thể muốn bắt đầu xây dựng..."* Gott, tr. 126.

395 *"Dường như... thuyết lượng tử cho phép du hành trong thời gian trên một nền tảng cực nhỏ."* Hawking, tr. 104.

396 *Mỗi kết nối nơron thần kinh trong bộ não sẽ được thay thế bằng một tranzito tương ứng...* Về nguyên tắc, quá trình này có thể được

thực hiện khi bạn vẫn còn có ý thức. Khi một nhúm các nơron thần kinh xóa khỏi bộ não của bạn, các mạng lưới tranzito có chức năng giống như vậy sẽ được tạo ra để thay thế và được đặt trong hộp sọ của một người máy. Vì các tranzito thực hiện cùng một chức năng như các nơron đã bị bỏ đi, bạn vẫn sẽ có ý thức đầy đủ trong tiến trình này. Như vậy, sau khi phẫu thuật đã được hoàn tất, bạn sẽ thấy bản thân mình trong cơ thể của một người máy silic và kim loại.

CHƯƠNG MƯỜI HAI: BÊN KIA ĐA VŨ TRỤ

399 *"Câu hỏi then chốt của mọi câu hỏi đối với nhân loại..."* Kaku2, tr. 334.

400 *"Tôi muốn biết Chúa đã tạo ra thế giới này như thế nào..."* Calaprice, tr. 202.

400 *"Khoa học không có tôn giáo thì què quặt. Nhưng tôn giáo không có khoa học thì mù quáng."* Calaprice, tr. 213.

400 *"Thật khó hay đúng hơn là không thể hiểu nổi..."* Kowalski, tr. 97.

401 *"Thần học của tôi chỉ đơn giản là một mớ lộn xộn"*. như trên.

401 *"Như thế thì sự xuất sắc của Chúa đã được khuếch đại..."* Croswell, tr. 7.

403 *"Sự im lặng vĩnh cửu của những khoảng không vô hạn này làm tôi khiếp sợ..."* Smoot, tr. 24.

404 *"Trước vũ trụ, con người lên tiếng..."* Barrow1, tr. 106.

405 *"Nếu tốc độ dãn nở của vũ trụ [tại] một giây sau vụ nổ lớn..."* Kowalski, tr. 49.

406 *"Xưa có người đã nói: "Thượng Đế..."* Polkinghorne, tr. 66.

407 *"Năm mươi năm trước, vũ trụ nói chung được nhìn nhận như là một cỗ máy..."* Kowalski, tr. 19.

407 *"Không chỉ chúng ta..."* Kowalski, tr. 50.

407 *"Thật đáng buồn..."* Kowalski, tr. 71.

407 *"Vũ trụ, có thể nói, tồn tại để tán dương nó và say mê vẻ đẹp của chính nó..."* Kowalski, tr. 71.

410 *Cuối cùng, anh quyết định noi theo tấm gương của Harmon...* Chown, tr. 30.

411 *"Dường như càng hiểu về vũ trụ bao nhiêu, thì nó càng vô nghĩa bấy nhiêu..."* Weinberg3, tr. 144.

412 *"Có hay không có tôn giáo, thì người tốt vẫn có thể cư xử tốt và người xấu có thể làm điều xấu..."* Weinberg2, tr. 231.

412 *"Trong nhiều năm tôi đã là một kẻ phàm tục vui nhộn trong các vấn đề triết học..."* Weinberg2, tr. 43.

412 *"nhưng bi kịch không nằm ở kịch bản; mà bi kịch là ở chỗ không có kịch bản."* Weinberg2, tr. 43.

412 *"Trong một vũ trụ của các lực vật lý mù quáng... một số người sẽ bị tổn thương..."* Kowalski, tr. 60.

413 *"Tôi không tin rằng Trái Đất đã được tạo ra cho con người..."* Lightman, tr. 340.

413 *"Quan điểm của tôi về cuộc sống..."* Lightman, tr. 377.

413 *"Vâng, tôi có thể nói dứt khoát là có một mục đích..."* Lightman, tr. 409.

413 *"Theo một nghĩa nào đó, các định luật vật lý dường như tương tự với..."* Lightman, tr. 409.

414 *"Tôi cảm thấy trong tôn giáo có những điều rất nghiêm túc..."* Lightman, tr. 248.

414 *"Nhà thần học Paul Tillich đã nói rằng các nhà vật lý là các nhà khoa học duy nhất..."* Weinberg1, tr. 242.

415 *"Chúa của Spinoza, hiện thân trong sự hài hòa có trật tự của những gì tồn tại..."* Weinberg1, tr. 245.

415 *"Tôi không thể hình dung nổi một vị Chúa lại ban thưởng và trừng phạt các đối tượng mà mình sáng tạo ra..."* Kowalski, tr. 24.

415 *"Chúng ta ngờ rằng rất nhiều, có lẽ là phần lớn, các nhà khoa học hiện đại..."* Wilczek, tr. 100.

415 *Twain đã từng định nghĩa đức tin là...* Kowalski, tr. 168.

416 *"Tại sao quả táo rơi?..."* Kowalski, tr. 148.

417 *"Thật tốt khi đặt ra các câu hỏi đó..."* Croswell, tr. 127.

CHÚ GIẢI THUẬT NGỮ

(có kèm theo tiếng Anh)

áp suất suy biến electron (electron degeneracy pressure): Trong một ngôi sao đang hấp hối, đây là lực đẩy ngăn không cho các electron hoặc notron bị suy sụp hoàn toàn. Lực này sinh ra do nguyên lý loại trừ Pauli, mà theo đó không có hai electron nào có thể chiếm chính xác cùng một trạng thái lượng tử. Đối với một sao lùn trắng, lực hấp dẫn có thể thắng lực đẩy này nếu ngôi sao có khối lượng lớn hơn 1,4 lần khối lượng Mặt Trời. Nếu lực hấp dẫn đủ lớn để thắng lực đẩy bên trong một sao lùn trắng, thì ngôi sao sẽ suy sụp (co mạnh lại) và nổ tung.

bán kính Schwarzschild (Schwarzschild radius): Bán kính của chân trời sự kiện hay điểm không thể quay lại trong trường hợp lỗ đen. Đối với Mặt Trời, bán kính Schwarzschild là khoảng 2 dặm (3 km). Một khi một ngôi sao bị nén vào trong phạm vi chân trời sự kiện của nó, nó sẽ suy sụp thành một lỗ đen.

baryon (baryon): Một hạt như proton hay notron, chịu tác động của các lực tương tác mạnh. Các hạt baryon là một dạng của hạt hadron (hạt tương tác mạnh). Vật chất baryon, như chúng ta thấy hiện nay, chỉ chiếm một phần nhỏ của vật chất trong vũ trụ và rất ít nếu so với vật chất tối.

bay hơi [của] lỗ đen (black hole evaporation): Lượng bức xạ chui hầm khỏi một lỗ đen. Có một xác suất tuy rất nhỏ nhưng có thể tính toán được của việc bức xạ sẽ nhẹ nhàng thấm ra khỏi một lỗ đen, gọi là sự bay hơi. Cuối cùng, năng lượng của một lỗ đen thoát đi thông qua bay hơi lượng tử nhiều tới mức lỗ đen sẽ không còn tồn tại nữa. Bức xạ này quá yếu nên không thể quan sát bằng thực nghiệm.

boson (boson): Một loại hạt hạ nguyên tử với spin là số nguyên, chẳng hạn như photon hay graviton (phỏng đoán). Các baryon được thống nhất với các fermion thông qua tính siêu đối xứng.

bọt lượng tử (quantum foam): Các biến dạng rất nhỏ, giống như bọt của không-thời gian ở cấp độ độ dài Planck. Nếu có thể nhòm vào cơ cấu của không-thời gian ở độ dài Planck, chúng ta sẽ thấy các bong bóng nhỏ và các lỗ giun, với bề ngoài giống như bọt.

bức xạ liên kết pha (coherent radiation): Bức xạ đồng pha với chính nó. Bức xạ liên kết pha, giống như bức xạ bắt gặp trong một tia laser, có thể được tạo ra để giao thoa với chính nó, sinh ra các mẫu hình giao thoa có thể phát hiện các độ lệch nhỏ trong chuyển động hay vị trí. Điều này hữu dụng trong các giao thoa kế và các thiết bị dò tìm sóng hấp dẫn.

bức xạ Hawking (Hawking radiation): Bức xạ bay hơi từ từ khỏi một lỗ đen. Bức xạ này ở dạng bức xạ vật đen, với một nhiệt độ cụ thể, và sinh ra do các hạt lượng tử có thể thâm nhập vào trường hấp dẫn bao quanh một lỗ đen.

bức xạ hồng ngoại (infrared radiation): Bức xạ nhiệt hay bức xạ điện từ có tần số thấp hơn tần số ánh sáng nhìn thấy được một chút.

bức xạ nền vi sóng (microwave background radiation): Tàn dư của bức xạ ban đầu sinh ra từ vụ nổ lớn, với nhiệt độ khoảng 2,7 K. Các sai lệch rất nhỏ trong bức xạ nền này cung cấp cho các nhà khoa học những dữ liệu giá trị để có thể xác nhận hay bác bỏ nhiều thuyết về vũ trụ.

bức xạ nền vi sóng vũ trụ (cosmic microwave background radiation): Bức xạ tàn dư còn sót lại từ vụ nổ lớn mà vẫn còn luân chuyển trong khắp vũ trụ, lần đầu tiên được George Gamow và nhóm của ông dự đoán vào năm 1948. Nhiệt độ của nó là 2,7 độ trên độ không tuyệt đối. Sau khi được Penzias và Wilson phát hiện, nó là "bằng chứng" thuyết phục nhất của vụ nổ lớn. Ngày nay, các nhà khoa học đo các sai lệch rất nhỏ trong bức xạ nền này để tìm chứng cứ cho thuyết lạm phát hoặc các thuyết khác.

bức xạ [của] vật đen (black body radiation): Bức xạ do một vật thể nóng phát ra trong trạng thái cân bằng nhiệt với môi trường của nó. Nếu chúng ta lấy một vật thể rỗng (một vật đen), nung nóng lên, chờ cho nó đạt tới trạng thái cân bằng nhiệt, và khoan một lỗ nhỏ vào trong nó, thì bức xạ phát ra qua lỗ sẽ là bức xạ vật đen. Mặt Trời, một que cời lò nóng, và macma (vật chất ở trạng thái lỏng hoặc sền sệt ở nhiệt độ cao trong vỏ Trái Đất) nóng chảy đều phát ra bức xạ gần như bức xạ vật đen. Bức xạ có sự phụ thuộc vào tần số đặc thù, dễ dàng đo được bằng quang phổ kế. Bức xạ nền vi sóng tràn ngập khắp vũ trụ tuân theo công thức bức xạ vật đen này, qua đó cho thấy bằng chứng cụ thể về vụ nổ lớn.

bước nhảy lượng tử (quantum leap): Sự thay đổi đột ngột trạng thái của một vật mà theo quan niệm cổ điển là không được phép. Các electron bên trong một nguyên tử thực hiện các bước nhảy lượng tử giữa các quỹ đạo, mỗi lần nhảy lại giải phóng hoặc hấp thụ ánh sáng. Vũ trụ có lẽ đã thực hiện một bước nhảy lượng tử từ hư không sang vũ trụ ngày nay của chúng ta.

cầu Einstein-Rosen (Einstein-Rosen bridge): Một lỗ giun được hình thành làm cầu nối hai lỗ đen với nhau. Ban đầu, giải pháp này dùng để tượng trưng cho một hạt hạ nguyên tử, như electron, trong thuyết trường thống nhất của Einstein. Kể từ đó, nó đã được sử dụng để miêu tả không-thời gian gần tâm của một lỗ đen.

chân không (vacuum): Không gian trống rỗng. Nhưng không gian trống rỗng, theo thuyết lượng tử, chứa đầy các hạt hạ nguyên tử ảo chỉ tồn tại trong một phần nhỏ của giây. Chân không cũng được dùng để miêu tả năng lượng thấp nhất của một hệ thống. Người ta tin rằng vũ trụ đã đi từ một trạng thái chân không giả tới chân không thật ngày nay.

chân không giả (false vacuum): Một trạng thái chân không không có năng lượng thấp nhất. Trạng thái chân không giả có thể là một trạng thái của tính đối xứng hoàn hảo, có lẽ tồn tại tại thời khắc của vụ nổ lớn, nhưng tính đối xứng này đã bị phá vỡ khi năng lượng hạ xuống một trạng thái thấp hơn. Một trạng thái chân không giả về bản chất là không ổn định, và chắc chắn một sự chuyển tiếp được tạo ra để chuyển sang chân không thật có năng lượng thấp hơn. Ý tưởng chân không giả là thiết yếu với thuyết lạm phát, vì là nơi mà vũ trụ đã bắt đầu trong một trạng thái dãn nở de Sitter.

chân trời (horizon): Điểm xa nhất bạn có thể nhìn thấy. Bao quanh một lỗ đen có một quyển ma quái, tại bán kính Schwarzschild, đó là điểm không thể quay trở lại.

chân trời sự kiện (event horizon): Điểm không thể quay trở lại xung quanh một lỗ đen, thường được gọi là chân trời. Có thời người ta tưởng rằng nó là một điểm kỳ dị với lực hấp dẫn vô hạn, nhưng hóa ra đó chỉ là công cụ tọa độ nhân tạo được sử dụng để miêu tả nó.

chiều (dimension): Một thành phần tọa độ hay một tham số mà qua đó chúng ta đo đạc không gian và thời gian. Vũ trụ quen thuộc của chúng ta có ba chiều không gian (chiều dài, chiều rộng và chiều cao) và một chiều thời gian. Trong thuyết dây và thuyết M, chúng ta cần đến mười (mười một) chiều để miêu tả vũ trụ, mà chỉ có bốn chiều trong số này có thể quan sát được trong phòng thí nghiệm. Có lẽ chúng ta không nhìn thấy các chiều khác này là do chúng đã bị cuộn lại hoặc là các rung động của chúng ta bị bó hẹp trên bề mặt của một màng.

chuẩn tinh (quasar): Vật thể tựa như sao. Chúng là các thiên hà khổng lồ đã được hình thành sau vụ nổ lớn không lâu. Chúng có các lỗ đen khổng lồ ở trung tâm. Việc chúng ta không quan sát thấy các chuẩn tinh ngày nay là một cách để bác bỏ thuyết vũ trụ tĩnh định, là thuyết cho rằng vũ trụ ngày nay cũng tương tự như vũ trụ hàng tỉ năm trước.

chui hầm (tunneling): Quá trình các hạt thâm nhập qua các rào cản mà lẽ ra bị cấm theo cơ học Newton. Chui hầm là cách thức phân rã phóng xạ alpha xảy ra và là một sản phẩm phụ của thuyết lượng tử. Bản thân vũ trụ có thể đã được tạo ra bằng phương thức chui hầm. Người ta phỏng đoán rằng có tồn tại khả năng chui hầm giữa các vũ trụ.

COBE (The Cosmic Observer Background Explorer), nghĩa là Vệ tinh thăm dò nền vũ trụ. COBE đã đưa ra chứng cứ có lẽ là thuyết phục nhất cho thuyết vụ nổ lớn bằng cách đo bức xạ vật đen do quả cầu lửa ban đầu phát ra. Các kết quả của nó kể từ đó đã được cải thiện đáng kể nhờ có vệ tinh WMAP.

compact hóa (compactification): Quá trình cuộn lại hoặc bọc lại các chiều không mong muốn của không gian và thời gian. Vì thuyết dây tồn tại trong siêu không gian mười chiều, còn chúng ta sống trong một thế giới bốn chiều, nên bằng cách nào đó chúng ta phải bọc lại sáu trong mười chiều thành một quả cầu nhỏ tới mức ngay cả các nguyên tử cũng không thể chui vào chúng.

cơ học lượng tử (quantum mechanics): Thuyết lượng tử hoàn chỉnh được đề xuất vào năm 1925, thay thế cho "thuyết lượng tử cũ" của Planck và Einstein. Không giống như thuyết lượng tử cũ, là sự lai tạp của các quan niệm cổ điển đã cũ và các ý tưởng lượng tử mới hơn, cơ học lượng tử dựa trên các phương trình sóng, nguyên lý bất định và thoát hẳn vật lý cổ điển. Người ta chưa bao giờ tìm thấy sai lệch nào so với cơ học lượng tử trong phòng thí nghiệm. Phiên bản tiên tiến nhất của nó hiện nay được gọi là thuyết trường lượng tử, kết hợp thuyết tương đối hẹp và cơ học lượng tử. Tuy nhiên, tìm ra một thuyết hấp dẫn cơ học lượng tử hoàn chỉnh là cực kỳ khó khăn.

dây vũ trụ (cosmic string): Một tàn tích của vụ nổ lớn. Một số thuyết định chuẩn dự đoán rằng một số di vật của vụ nổ lớn ban đầu vẫn có thể tồn tại dưới dạng các dây vũ trụ khổng lồ có kích thước cỡ các thiên hà hoặc lớn hơn. Sự va chạm của hai dây vũ trụ có thể tạo ra một hình thức du hành nào đó trong thời gian.

đoteri (deuterium): Hạt nhân của hyđrô nặng, bao gồm một proton và một notron. Đoteri trong khoảng không vũ trụ chủ yếu được tạo ra từ vụ nổ lớn, chứ không phải bởi các ngôi sao, và mức độ phổ biến tương đối của nó cho phép tính toán các điều kiện ban đầu của vụ nổ lớn. Sự phổ biến của đoteri cũng có thể được sử dụng để bác bỏ thuyết vũ trụ tĩnh định.

dịch chuyển [về phía] đỏ (redshift): Hiện tượng trở nên đỏ hơn hoặc giảm tần số của ánh sáng đến từ các thiên hà xa xăm do hiệu ứng Doppler, nó chỉ ra rằng chúng đang di chuyển ra xa chúng ta. Dịch chuyển đỏ cũng có thể xảy ra thông qua sự dãn nở của không gian trống rỗng, như trường hợp vũ trụ đang dãn nở.

dịch chuyển [về phía] xanh (blueshift): Hiện tượng tăng tần số của ánh sáng sao vì dịch chuyển theo hiệu ứng Doppler.

Nếu một ngôi sao màu vàng đang di chuyển về phía người quan sát, ánh sáng của nó sẽ trông hơi xanh hơn. Trong khoảng không vũ trụ, các thiên hà dịch chuyển về phía xanh là rất hiếm. Dịch chuyển xanh cũng có thể được tạo ra bằng cách co hẹp không gian giữa hai điểm thông qua lực hấp dẫn hoặc uốn cong không gian.

đa tạp Calabi-Yau (Calabi-Yau manifold): Một không gian sáu chiều được tìm thấy khi chúng ta lấy một thuyết dây mười chiều và cuộn lại hoặc compact hóa sáu chiều thành một quả cầu nhỏ, để lại một không gian siêu đối xứng bốn chiều. Các không gian Calabi-Yau là đa kết nối - nghĩa là chúng có các lỗ bên trong, qua đó có thể xác định số lượng các thế hệ quark tồn tại trong không gian bốn chiều của chúng ta. Đa tạp Calabi-Yau quan trọng trong thuyết dây vì nhiều đặc điểm của đa tạp này, chẳng hạn như số lỗ mà chúng có, có thể xác định số lượng các quark có trong vũ trụ bốn chiều của chúng ta.

đa vũ trụ (multiverse): Nhiều vũ trụ. Một thời chủ yếu chỉ mang tính suy đoán, ngày nay quan niệm về đa vũ trụ được coi là thiết yếu để hiểu về vũ trụ thuở ban đầu. Đa vũ trụ có nhiều hình thức và chúng đều liên quan mật thiết với nhau. Bất kỳ thuyết lượng tử nào cũng có một đa vũ trụ của các trạng thái lượng tử. Áp dụng cho vũ trụ này, nó có nghĩa rằng phải có vô số các vũ trụ song song đã mất liên kết pha với nhau. Thuyết lạm phát đưa ra đa vũ trụ để giải thích quá trình dãn nở lạm phát đã bắt đầu và sau đó đã dừng lại như thế nào. Thuyết dây đưa ra đa vũ trụ vì số lượng lớn các lời giải có thể có của nó. Trong thuyết M, các vũ trụ này có thể thực sự va chạm với nhau. Trên cơ sở triết học, người ta đưa ra đa vũ trụ để giải thích nguyên lý vị nhân.

điểm kỳ dị (singularity): Điểm có trạng thái hấp dẫn vô hạn. Trong thuyết tương đối rộng, các điểm kỳ dị được dự đoán là tồn tại ở tâm của các lỗ đen và tại thời khắc Sáng thế, trong điều kiện rất chung chung. Chúng đã phá vỡ thuyết tương đối rộng, buộc chúng ta phải đưa ra thuyết hấp dẫn lượng tử.

(các) định luật bảo toàn (conservation laws): Các định luật phát biểu rằng một số đại lượng nhất định không bao giờ thay đổi theo thời gian. Ví dụ, sự bảo toàn vật chất và năng lượng thừa nhận rằng tổng lượng vật chất và năng lượng trong vũ trụ là một hằng số.

định luật Hubble (Hubble's law): Một thiên hà càng ở xa Trái Đất thì nó di chuyển càng nhanh. Edwin Hubble phát hiện ra điều này năm 1929, và nó phù hợp với thuyết của Einstein về một vũ trụ đang dãn nở.

độ dài Planck (Planck length): 10^{-33} cm. Đây là thang độ dài tại vụ nổ lớn, trong đó lực hấp dẫn mạnh như các lực khác. Ở thang độ này, không-thời gian trở nên "sủi bọt", với các bong bóng nhỏ và các lỗ giun xuất hiện và biến mất vào chân không.

(tính) đối xứng (symmetry): Tính bất biến hoặc vẫn như cũ của một đối tượng khi bị hoán đổi hay sắp xếp lại. Các bông tuyết bất biến trong phép quay theo bội số của 60 độ. Các vòng tròn bất biến trong một phép quay với bất kỳ góc nào. Mô hình quark vẫn là bất biến khi hoán đổi ba quark, tạo tính đối xứng SU(3). Các dây bất biến trong tính siêu đối xứng và cả trong các biến dạng bảo toàn góc của bề mặt nó. Tính đối xứng rất quan trọng trong vật lý vì nó giúp loại bỏ nhiều phân kỳ bắt gặp trong thuyết lượng tử.

đồng vị (isotope): Một chất hóa học có cùng số lượng proton như của một nguyên tố nhưng có số lượng notron khác biệt. Các đồng vị có tính chất hóa học như nhau, nhưng có trọng lượng khác nhau.

đơn cực (monopole): Một cực từ đơn lẻ. Thông thường, các nam châm có một cặp cực bắc và cực nam không thể tách rời, do đó, chưa bao giờ người ta bắt gặp các đơn cực trong phòng thí nghiệm. Các đơn cực chắc phải được tạo ra với số lượng dồi dào tại vụ nổ lớn, nhưng chúng ta không thể thấy bất kỳ đơn cực nào ngày nay, có lẽ vì lạm phát đã làm loãng mật độ của chúng.

(các) đường cong khép kín tựa thời gian (closed time-like curves): Chúng là những con đường đi ngược thời gian trong thuyết của Einstein. Chúng không được phép có trong thuyết tương đối hẹp nhưng lại được phép có trong thuyết tương đối rộng nếu chúng ta có sự tập trung đủ lớn của năng lượng dương hay âm.

electron hay điện tử (electron): Một hạt hạ nguyên tử có điện tích âm bao quanh hạt nhân của một nguyên tử. Số lượng các electron bao quanh hạt nhân xác định các tính chất hóa học của nguyên tử.

electron vôn (electron volt): Năng lượng mà một electron tích lũy khi rơi qua điện thế một vôn. Để so sánh thì các phản ứng hóa học bình thường liên quan tới các năng lượng ở mức vài electron vôn hoặc ít hơn, trong khi các phản ứng hạt nhân có thể liên quan tới hàng trăm triệu electron vôn. Các phản ứng hóa học thông thường liên quan đến sự sắp xếp lại các lớp vỏ electron. Các phản ứng hạt nhân liên quan đến sự tái sắp xếp các vỏ của hạt nhân. Ngày nay, các máy gia tốc hạt của chúng ta có thể sinh ra các hạt với các năng lượng từ hàng tỉ tới hàng nghìn tỉ electron vôn.

entropy (entropy): Thước đo sự mất trật tự hoặc hỗn độn. Theo định luật thứ hai nhiệt động lực học, entropy tổng cộng trong vũ trụ luôn luôn tăng lên, có nghĩa là mọi thứ cuối cùng phải ngừng hoạt động hoặc tan rã. Áp dụng cho toàn vũ trụ, có nghĩa là vũ trụ sẽ đi về trạng thái entropy cực đại, ví dụ như một khí đồng nhất gần độ không tuyệt đối. Để đảo ngược entropy trong một khu vực nhỏ (ví dụ trong một tủ lạnh), bắt buộc phải bổ sung công cơ học. Nhưng ngay cả đối với một tủ lạnh, entropy tổng cộng vẫn tăng (đó là lý do tại sao mặt sau của tủ lạnh ấm). Một số người tin rằng định luật thứ hai dự đoán cái chết cuối cùng của vũ trụ.

fermion (fermion): Một hạt hạ nguyên tử có spin bằng nửa số nguyên, chẳng hạn như proton, electron, notron và quark. Các fermion có thể được thống nhất với các boson thông qua tính siêu đối xứng.

giao thoa (interference): Sự hòa trộn của hai sóng hơi khác nhau về pha hay tần số, tạo ra một mẫu hình giao thoa đặc trưng. Bằng cách phân tích mẫu hình này, người ta có thể có khả năng phát hiện các khác biệt cực kỳ nhỏ giữa hai sóng.

giao thoa kỳ (interferometry): Quá trình sử dụng sự giao thoa của các sóng ánh sáng để phát hiện các khác biệt rất nhỏ giữa các sóng từ hai nguồn khác nhau. Giao thoa kỳ có thể được dùng để đo đạc sự hiện diện của sóng hấp dẫn và các vật khác mà thông thường là khó phát hiện.

giới hạn Chandrasekhar (Chandrasekhar limit): Các khối lượng bằng 1,4 lần khối lượng Mặt Trời. Quá khối lượng này, lực hấp dẫn của một sao lùn trắng sẽ lớn đến mức thắng áp suất suy biến electron và nghiền nát ngôi sao, tạo ra một sao siêu mới. Vì vậy, tất cả các sao lùn trắng mà chúng ta quan sát trong vũ trụ đều có khối lượng nhỏ hơn 1,4 lần khối lượng Mặt Trời.

graviton (graviton): Một hạt hạ nguyên tử được phỏng đoán là lượng tử của lực hấp dẫn. Graviton có spin bằng 2. Nó quá nhỏ để tìm thấy trong phòng thí nghiệm.

hàm sóng (wave function): Một sóng đi kèm mọi hạt hạ nguyên tử. Hàm sóng là miêu tả toán học của sóng xác định xác suất vị trí của hạt bất kỳ. Schrödinger là người đầu tiên viết ra các phương trình cho hàm sóng của một electron. Trong thuyết lượng tử, vật chất bao gồm các hạt điểm, nhưng xác suất tìm thấy một hạt được cho bởi hàm sóng. Sau đó Dirac đã đề xuất một phương trình sóng bao gồm thuyết tương đối hẹp. Ngày nay, tất cả vật lý lượng tử, kể cả thuyết dây, được trình bày công thức theo các sóng này.

hành tinh ngoài hệ Mặt Trời (extrasolar planet): Một hành tinh quay quanh một ngôi sao khác chứ không phải Mặt Trời của chúng ta. Trên một trăm hành tinh như vậy hiện nay đã được phát hiện, với tốc độ khoảng hai hành tinh mỗi tháng. Phần lớn trong số này, thật đáng tiếc là giống như sao Mộc và không thuận lợi để sự sống phát sinh. Trong vòng một vài thập kỷ tới, các vệ tinh sẽ được phóng vào vũ trụ để nhận dạng các hành tinh ngoài hệ Mặt Trời giống như Trái Đất.

(các) hạt ảo (virtual particles): Các hạt lao vào và lao ra khỏi chân không trong thời gian cực ngắn. Chúng vi phạm các định luật bảo toàn nhưng chỉ trong một khoảng thời gian rất ngắn, thông qua nguyên lý bất định. Các định luật bảo toàn khi đó có hiệu lực như một giá trị trung bình trong chân không. Các hạt ảo đôi khi có thể trở thành các hạt thật nếu có đủ năng lượng thêm vào chân không. Ở cấp độ vi mô, các hạt ảo này có thể bao gồm các lỗ giun và các vũ trụ sơ sinh.

hạt nhân (nucleus): Lõi cực nhỏ của một nguyên tử, bao gồm các proton và nơtron, kích thước khoảng 10^{-13} cm. Số lượng các proton trong một hạt nhân xác định số lượng các electron trong lớp vỏ bao quanh hạt nhân, các electron này lại quy định các tính chất hóa học của nguyên tử.

hằng số Hubble (Hubble's constant): Vận tốc của một thiên hà dịch chuyển về phía đỏ chia cho khoảng cách của nó. Hằng số Hubble đo tỉ lệ dãn nở của vũ trụ, và nghịch đảo của nó xấp xỉ bằng tuổi của vũ trụ. Hằng số Hubble càng thấp thì vũ trụ càng già. Vệ tinh WMAP đã cho thấy hằng số Hubble nằm ở mức 71 km/s trên mỗi triệu parsec, hoặc 21,8 km/s trên mỗi triệu năm ánh sáng, kết thúc hàng thập kỷ tranh cãi.

hấp dẫn lượng tử (quantum gravity): Một dạng hấp dẫn tuân theo nguyên lý lượng tử. Khi hấp dẫn được lượng tử hóa, chúng ta có được từng gói hấp dẫn, gọi là graviton. Thông thường, khi hấp dẫn được lượng tử hóa, chúng ta thấy các thăng giáng lượng tử của nó là vô hạn, làm cho thuyết trở nên vô dụng. Hiện tại, thuyết dây là ứng viên duy nhất có thể loại bỏ các giá trị vô hạn này.

hiệu ứng Casimir (Casimir effect): Năng lượng âm được tạo ra bởi hai tấm không tích điện song song dài vô hạn đặt cạnh nhau. Các hạt ảo ở phần bên ngoài các tấm gây ra áp lực nhiều hơn so với các hạt ảo ở phần bên trong các tấm, vì thế các tấm bị hút vào nhau. Hiệu ứng rất nhỏ này đã đo được trong phòng thí nghiệm. Hiệu ứng Casimir có thể được sử dụng để tạo năng lượng chạy một cỗ máy thời gian hay một lỗ giun, nếu năng lượng của nó đủ lớn.

hiệu ứng Doppler (Doppler effect): Sự thay đổi tần số của một sóng, khi một vật tới gần hay rời xa khỏi bạn. Nếu một ngôi sao di chuyển về phía bạn, tần số ánh sáng tăng lên, do đó một ngôi sao màu vàng sẽ dường như hơi xanh hơn. Nếu một ngôi sao di chuyển ra xa khỏi bạn, tần số ánh sáng giảm, do đó một ngôi sao màu vàng sẽ dường như hơi đỏ hơn. Sự thay đổi tần số ánh sáng cũng có thể được tạo ra bằng cách làm dãn nở bản thân không gian giữa hai điểm, như trong vũ trụ đang dãn nở. Bằng cách đo mức độ dịch chuyển tần số, bạn có thể tính toán được vận tốc mà một ngôi sao đang di chuyển ra xa khỏi bạn.

lỗ đen (black hole): Một vật thể có vận tốc thoát ly bằng tốc độ ánh sáng. Vì vận tốc ánh sáng là tốc độ tột cùng trong vũ trụ, điều này có nghĩa là không có thứ gì có thể thoát khỏi một lỗ đen, khi nó đã vượt qua chân trời sự kiện. Các lỗ đen có thể có các kích thước khác nhau. Các lỗ đen thiên hà, đang ẩn nấp trong trung tâm của các thiên hà và các chuẩn tinh, có thể nặng từ hàng triệu tới hàng tỉ lần khối lượng Mặt Trời. Các lỗ đen định tinh (lỗ đen sao) là tận tích của một ngôi sao đang hấp hối, có lẽ ban đầu nặng tới 40 lần khối lượng của Mặt Trời của chúng ta. Cả hai loại lỗ đen này đã được các thiết bị của chúng ta nhận dạng. Các lỗ đen mini (cỡ nhỏ) cũng có thể tồn tại, theo dự đoán của lý thuyết, nhưng người ta vẫn chưa bắt gặp chúng trong phòng thí nghiệm.

lỗ đen Kerr (Kerr black hole): Một lời giải chính xác của các phương trình Einstein biểu diễn một lỗ đen đang quay. Lỗ đen suy sụp đổ thành một vòng kỳ dị. Các vật thể rơi vào trong vòng chỉ trải qua một lực hấp dẫn hữu hạn và có thể, về nguyên tắc, rơi xuyên qua để tới một vũ trụ song song. Có vô số các vũ trụ song song kiểu này nối với một lỗ đen Kerr, nhưng bạn không thể quay trở lại một khi tiến vào một vũ trụ trong số chúng. Người ta vẫn chưa biết lỗ giun tại trung tâm của một lỗ đen Kerr ổn định như thế nào. Có những vấn đề lý thuyết và thực tiễn cam go trong việc thử tìm đường xuyên qua một lỗ đen Kerr.

lỗ giun (wormhole): Một lối đi nối hai vũ trụ. Các nhà toán học gọi các không gian này là "không gian đa kết nối" - mà trong đó một dây thòng lọng có thể không bị co lại thành một điểm. Khả năng con người vượt qua một lỗ giun mà không làm nó mất ổn định hoặc chết trong quá trình này hiện vẫn chưa rõ ràng.

(phản ứng) hợp hạch hay **nhiệt hạch** (fusion): Quá trình kết hợp các proton hay các hạt nhân nhẹ khác để hình thành các hạt nhân cao hơn, đồng thời giải phóng năng lượng trong quá trình này. Phản ứng hợp hạch của hyđrô thành hêli tạo ra năng lượng của một ngôi sao ở dãy chính (trong biểu đồ Hertzsprung-Russell biểu diễn tương quan giữa nhiệt độ và độ trưng của sao), giống như Mặt Trời. Phản ứng hợp hạch của các nguyên tố nhẹ trong vụ nổ lớn tạo ra sự phổ biến tương đối của các nguyên tố nhẹ, như hêli.

không gian đa kết nối (multiply connected space): Một không gian nơi một dây thòng lọng hay một tròng không thể thu nhỏ thành một điểm. Ví dụ, một tròng quấn xung quanh bề mặt lỗ của chiếc bánh rán có lỗ thủng ở giữa (doughnut) không thể co lại thành một điểm, vì thế một chiếc bánh rán có lỗ thủng là đa kết nối. Các lỗ giun là những ví dụ của không gian đa kết nối, vì một thòng lọng không thể co lại xung quanh họng của một lỗ giun.

không gian đơn kết nối (simply connected space): Một không gian mà trong đó bất kỳ dây thòng lọng nào cũng có thể thu nhỏ liên tục thành một điểm. Không gian phẳng là đơn kết nối, trong khi bề mặt của một chiếc bánh rán có lỗ thủng hay một lỗ giun lại không như vậy.

kính thiên văn tia X Chandra (Chandra X-ray telescope): Kính thiên văn tia X trong khoảng không vũ trụ, có thể quét qua bầu trời để tìm kiếm các phát xạ tia X, chẳng hạn như các phát xạ được phát ra từ một lỗ đen hoặc một sao notron.

lạm phát (inflation): Thuyết cho rằng vũ trụ đã trải qua một giai đoạn dãn nở kịch phát với mức độ khổng lồ không thể tin được ngay sau thời khắc nó sinh ra. Lạm phát có thể giải quyết các vấn đề về độ phẳng, đơn cực và chân trời.

lạm phát hỗn độn (chaotic inflation): Một phiên bản của lạm phát, do Andrei Linde đề xuất, theo đó lạm phát xảy ra một cách ngẫu nhiên. Điều này có nghĩa rằng vũ trụ có thể nảy chồi ra các vũ trụ khác theo kiểu liên tục và hỗn độn, tạo ra một đa vũ trụ. Lạm phát hỗn độn là một cách để giải quyết vấn đề kết thúc lạm phát, vì giờ chúng ta có thế hệ ngẫu nhiên của các vũ trụ lạm phát thuộc đủ mọi kiểu.

lambda (lambda): Hằng số vũ trụ, đo lượng năng lượng tối trong vũ trụ. Hiện tại, các dữ liệu ủng hộ đẳng thức omega + lambda = 1, phù hợp với dự báo lạm phát cho một vũ trụ phẳng.

Lambda, từng có thời được cho là bằng 0, hiện nay được biết là có vai trò xác định số phận cuối cùng của vũ trụ.

laser (laser): Một thiết bị tạo ra bức xạ ánh sáng liên kết pha. "Laser" (viết tắt của Light amplification through stimulated emission of radiation trong tiếng Anh), nghĩa là khuếch đại ánh sáng thông qua phát xạ kích thích. Về nguyên tắc, giới hạn duy nhất đối với năng lượng chứa trong một chùm tia laser là sự ổn định của vật liệu tạo laser và nguồn năng lượng.

lepton (lepton): Một hạt tương tác yếu, chẳng hạn như electron và notrino và các thế hệ cao hơn của nó, chẳng hạn như muon. Các nhà vật lý tin rằng mọi vật chất đều bao gồm cả các hạt hadron và lepton (các hạt tương tác mạnh và yếu).

LIGO (The Laser Interferometry Gravitational-Wave Observatory): Đài quan sát sóng hấp dẫn giao thoa kế laser. Đài này đặt tại bang Washington và bang Louisiana (Hoa Kỳ) và là thiết bị dò sóng hấp dẫn lớn nhất thế giới. Nó đã đi vào hoạt động từ năm 2003.

LISA (The Laser Interferometry Space Antenna): Ăng ten không gian giao thoa kế laser, là một chuỗi ba vệ tinh không gian sử dụng các chùm tia laser để đo sóng hấp dẫn. Nó có thể là đủ nhạy để xác nhận hay bác bỏ thuyết lạm phát và có thể cả thuyết dây, khi được phóng lên bầu trời trong vài thập niên tới.

lực điện từ (electromagnetic force): Lực của điện và từ. Khi chúng dao động đồng bộ, chúng tạo ra một sóng có thể miêu tả bức xạ cực tím, sóng vô tuyến, các tia gamma, v.v. tuân theo các phương trình Maxwell. Lực điện từ là một trong bốn lực chi phối vũ trụ.

lực hạt nhân mạnh (strong nuclear force): Lực liên kết hạt nhân với nhau. Nó là một trong bốn lực cơ bản. Các nhà vật lý sử dụng sắc động lực học lượng tử để miêu tả các tương tác mạnh, dựa trên các quark và các gluon với tính đối xứng SU(3).

lực hạt nhân yếu (weak nuclear force): Lực bên trong hạt nhân, làm cho sự phân rã hạt nhân có thể xảy ra. Lực này không đủ mạnh để giữ hạt nhân với nhau, do đó hạt nhân có thể bị phá vỡ. Lực hạt nhân yếu tác động lên các lepton (electron và notrino) và được truyền đi bằng các boson W và boson Z.

MACHO (Massive Compact Halo Object): Các vật thể đặc nặng của quầng. Chúng là các sao tối, các hành tinh cùng các tiểu hành tinh và các vật thể tương tự và có thể chiếm một phần của vật chất tối. Khó phát hiện ra chúng bằng các kính thiên văn quang học. Các dữ liệu mới nhất chỉ ra rằng phần lớn vật chất tối là phi baryon và không hợp thành từ các MACHO.

màng (membrane, có dạng tắt là brane): Một bề mặt mở rộng, trong mọi chiều. Các màng có thể ở bất kỳ chiều nào lên tới mười một. Một màng không (zero-brane) là một hạt điểm. Một màng một (one-brane) là một dây. Một màng hai (two-brane) là một màng đích thực (membrane). Màng là một đặc điểm thiết yếu của thuyết M, hay nói cách khác, màng là cơ sở của thuyết M, ứng viên hàng đầu cho một thuyết vạn vật. Các dây có thể được xem là các màng với một chiều được compact hóa. Nếu chúng ta lấy một mặt cắt ngang của một màng mười một chiều, chúng ta có được một dây mười chiều. Vì thế một dây là màng một.

máy đập vỡ nguyên tử (atom smasher): Từ nôm na để chỉ máy gia tốc hạt, một thiết bị được sử dụng để tạo ra chùm tia năng lượng hạ nguyên tử di chuyển với tốc độ gần tốc độ ánh sáng. Máy gia tốc hạt lớn nhất là LHC, được xây dựng gần Geneva, Thụy Sĩ.

mất liên kết pha (decoherence): Khi các sóng không còn đồng pha với nhau. Mất liên kết pha có thể được sử dụng để giải thích nghịch lý con mèo Schrödinger. Trong cách diễn giải đa thế giới, hàm sóng của con mèo chết và con mèo sống đã mất liên kết pha và không còn tương tác với nhau, do đó vấn đề con mèo có thể đồng thời vừa chết vừa sống được giải quyết. Cả hàm sóng của con mèo chết lẫn hàm sóng của con mèo sống tồn tại đồng thời, nhưng chúng không còn tương tác vì chúng đã mất liên kết pha. Sự mất liên kết pha giải thích nghịch lý con mèo một cách đơn giản mà không cần bất kỳ giả định bổ sung nào, chẳng hạn như sự sụp đổ của hàm sóng.

mật độ tới hạn (critical density): Mật độ của vũ trụ khi sự dãn nở của vũ trụ được cân bằng giữa dãn nở vĩnh viễn và tái suy sụp (co mạnh). Mật độ tới hạn, được đo bằng các đơn vị nhất định, là omega = 1 (khi lambda = 0), khi vũ trụ cân bằng giữa hai tương lai khác nhau là vụ đóng băng lớn và vụ co lớn. Ngày nay, các dữ liệu tốt nhất từ vệ tinh WMAP chỉ ra rằng omega + lambda = 1, phù hợp với dự đoán của thuyết lạm phát.

Mô hình Chuẩn (Standard Model): Thuyết lượng tử thành công nhất của các tương tác yếu, điện từ và mạnh. Nó dựa trên tính đối xứng SU(3) của các quark, tính đối xứng SU(2) của electron và notrino, và tính đối xứng U(1) của ánh sáng. Mô hình Chuẩn chứa một tập hợp lớn các hạt: các quark, các gluon, các lepton, các boson W và boson Z, và các hạt Higgs. Nó không thể là thuyết vạn vật vì: (a) không đề cập gì tới hấp dẫn; (b) có tới mười chín tham số tự do được ấn định một cách thủ công; và (c) có ba thế hệ quark và lepton giống hệt nhau, một sự dư thừa. Mô hình Chuẩn có thể được nhập vào một thuyết thống nhất lớn và cuối cùng vào một thuyết dây, nhưng hiện nay không có bằng chứng thực nghiệm cho cả hai thuyết này.

muon (muon): Một hạt hạ nguyên tử giống như electron, nhưng có khối lượng lớn hơn nhiều. Nó thuộc thế hệ dư thừa thứ hai của các hạt được tìm thấy trong Mô hình Chuẩn.

mười lũy thừa (powers of ten): Ký hiệu tốc ký được các nhà khoa học sử dụng để biểu thị các con số rất lớn hoặc rất nhỏ. Như vậy, 10^n có nghĩa là 1 theo sau là n số không. Do đó 1.000 là 10^3. Ngoài ra, 10^{-n} là nghịch đảo của 10^n - nghĩa là 0,000...001, trong đó có n-1 số không. Do đó một phần nghìn là 10^{-3} hay 0,001.

năm ánh sáng (light-year): Khoảng cách mà ánh sáng đi được trong một năm, tức là khoảng 5.880 tỉ dặm (9.460 tỉ kilômét). Ngôi sao gần nhất cách xa Trái Đất khoảng 4 năm ánh sáng, và Ngân Hà có đường kính khoảng 100.000 năm ánh sáng.

năng lượng âm (negative energy): Năng lượng nhỏ hơn 0. Vật chất có năng lượng dương, hấp dẫn có năng lượng âm, và hai năng lượng này có thể triệt tiêu nhau trong nhiều mô hình vũ trụ. Thuyết lượng tử cho phép một loại năng lượng âm khác do hiệu ứng Casimir và các hiệu ứng khác tạo ra và có thể được sử dụng để vận hành lỗ giun. Năng lượng âm dùng để tạo ra và ổn định các lỗ giun.

năng lượng Planck (Planck energy): 10^{19} tỉ electron vôn. Đây có thể là thang (cấp độ) năng lượng của vụ nổ lớn, nơi mà tất cả các lực đã được hợp nhất thành một siêu lực duy nhất.

năng lượng tối (dark energy): Năng lượng của không gian trống rỗng. Lần đầu tiên được Einstein đưa ra năm 1917 và sau đó bị loại bỏ, năng lượng của hư không này hiện nay được cho là dạng thống trị của vật chất/năng lượng trong vũ trụ. Nguồn gốc của nó không rõ, nhưng cuối cùng nó có thể dẫn vũ trụ vào một vụ đóng băng lớn. Lượng năng lượng tối tỉ lệ thuận với thể tích của vũ trụ. Các dữ liệu mới nhất chỉ ra rằng 73% vật chất/năng lượng của vũ trụ là ở dạng năng lượng tối.

(các) nền văn minh kiểu I, II, III (type I, II, III civilizations): Phân loại do Nikolai Kardashev đề ra để xếp hạng các nền văn minh trong khoảng không vũ trụ theo năng lượng phát sinh của chúng. Chúng tương ứng với các nền văn minh có thể khai thác năng lượng của toàn bộ một hành tinh, một ngôi sao và một thiên hà. Cho đến nay, không có bằng chứng nào cho thấy có bất kỳ một nền văn minh nào như thế trong không gian. Nền văn minh của chúng ta có lẽ tương ứng với một nền văn minh kiểu 0,7.

nến chuẩn (standard candle): Một nguồn ánh sáng được chuẩn hóa và hệt như nhau trong khắp vũ trụ, cho phép các nhà khoa học tính toán các khoảng cách thiên văn. Một nến chuẩn mờ hơn thì nó ở xa hơn. Một khi biết độ sáng của một nến chuẩn, chúng ta có thể tính toán khoảng cách đến nó. Các nến chuẩn được sử dụng ngày nay là các sao siêu mới kiểu Ia và các sao biến quang Cepheid.

nghịch lý con mèo Schrödinger (Schrödinger's cat paradox): Nghịch lý đặt câu hỏi liệu một con mèo có thể chết và sống cùng một lúc hay không. Theo thuyết lượng tử, con mèo trong một cái hộp có thể chết và sống cùng một lúc, ít nhất là cho đến khi chúng ta thực hiện một quan sát, một điều nghe có vẻ phi lý. Chúng ta phải thêm hàm sóng của một con mèo trong mọi trạng thái có thể có (chết, sống, chạy, ngủ, ăn, v.v.) cho đến khi một phép đo được thực hiện. Có hai cách chính để giải nghịch lý này, hoặc là giả định rằng ý thức xác định sự tồn tại hoặc giả định có vô số các thế giới song song.

nghịch lý Olbers (Olbers' paradox): Nghịch lý đặt câu hỏi tại sao bầu trời đêm có màu đen. Nếu vũ trụ là vô hạn và đồng nhất, thì chúng ta phải nhận được ánh sáng từ một số lượng vô hạn các ngôi sao, do đó bầu trời phải có màu trắng, điều mâu thuẫn với quan sát. Nghịch lý này được giải thích bằng vụ nổ lớn và cuộc đời hữu hạn của các ngôi sao. Vụ nổ lớn ngắt mạch ánh sáng chiếu tới mắt chúng ta từ không gian sâu thẳm.

nghịch lý ông bà (grandfather paradox): Trong các câu chuyện du hành thời gian, đây là nghịch lý xuất hiện khi bạn thay đổi quá khứ, làm cho hiện tại không thể xảy ra. Nếu bạn ngược trở lại thời gian và giết cha mẹ mình trước khi bạn được sinh ra, thì chính sự tồn tại của bạn là không thể xảy ra. Nghịch lý này có thể được giải quyết hoặc bằng sự áp đặt tính tự nhất quán, sao cho bạn có thể du hành về quá khứ, nhưng không thể thay đổi nó một cách tùy tiện, hoặc bằng cách giả định rằng có các vũ trụ song song.

nguyên lý bất định (uncertainty principle): Nguyên lý phát biểu rằng bạn không thể biết cả vị trí lẫn vận tốc của một hạt với độ chính xác vô hạn. Sự bất định về vị trí của một hạt nhân với sự bất định về động lượng của nó, phải lớn hơn hoặc bằng hằng số Planck chia cho 2π. Nguyên lý bất định là thành phần thiết yếu nhất của thuyết lượng tử, nó đưa khái niệm xác suất vào vũ trụ. Nhờ công nghệ nano, các nhà vật lý có thể thao tác các nguyên tử riêng lẻ theo ý muốn và vì thế kiểm tra nguyên lý bất định trong phòng thí nghiệm.

nguyên lý vị nhân (anthropic principle): Nguyên lý cho rằng các hằng số của tự nhiên đã được điều chỉnh để tạo cơ hội cho sự sống và trí tuệ phát triển. Nguyên lý vị nhân mạnh kết luận rằng một kiểu trí tuệ thuộc loại nào đó được cần đến để điều chỉnh các hằng số vật lý nhằm tạo cơ hội cho trí tuệ phát triển. Nguyên lý vị nhân yếu chỉ đơn thuần phát biểu rằng các hằng số của tự nhiên phải được điều chỉnh để tạo cơ hội cho trí tuệ phát triển (nếu không chúng ta sẽ không ở đây), nhưng nó bỏ ngỏ câu hỏi về cái gì hoặc ai đã thực hiện sự điều chỉnh. Về nghiệm, vì vậy nó không có hệ quả thực tiễn. Lực phản hấp dẫn cũng được vật chất âm (chưa bao giờ được nhìn thấy trong tự nhiên) sinh ra.

phản vật chất (antimatter): Là thứ ngược lại với vật chất. Phản vật chất, lần đầu tiên được P. A. M. Dirac dự đoán là tồn tại, có điện tích ngược lại với vật chất thông thường, sao cho các phản proton có điện tích âm và các phản electron (các positron) có điện tích dương. Khi chúng tiếp xúc, chúng triệt tiêu lẫn nhau. Cho đến nay, phản hyđrô là phản nguyên tử phức tạp nhất đã được tạo ra trong phòng thí nghiệm. Tại sao vũ trụ của chúng ta được tạo ra chủ yếu từ vật chất chứ không phải là phản vật chất hiện nay vẫn là một bí ẩn. Nếu vụ nổ lớn đã tạo ra cả hai loại vật chất với lượng bằng nhau, thì chúng sẽ tiêu diệt lẫn nhau, và chúng ta sẽ không tồn tại.

photon (photon): Một hạt hoặc lượng tử ánh sáng. Photon lần đầu tiên được Einstein đề xuất để giải thích hiệu ứng quang điện - khi ánh sáng chiếu vào một kim loại, kim loại sẽ phóng ra các electron.

phương trình Maxwell (Maxwell's equation): Các phương trình nền tảng cho ánh sáng, lần đầu tiên được James Clerk Maxwell viết ra trong thập niên 1860. Các phương trình này chỉ ra rằng điện trường và từ trường có thể chuyển hóa lẫn nhau. Maxwell đã chỉ ra rằng các trường này chuyển hóa lẫn nhau trong một chuyển động giống như sóng, tạo ra một trường điện từ lan đi với tốc độ ánh sáng. Sau đó Maxwell đã táo bạo phỏng đoán rằng đó là ánh sáng.

proton (proton): Một hạt hạ nguyên tử có điện tích dương, cùng với các nơtron hợp thành các hạt nhân của các nguyên tử. Tuy chúng ổn định, nhưng thuyết thống nhất lớn dự đoán rằng chúng có thể phân rã sau một khoảng thời gian dài.

quang phổ (spectrum): Các màu sắc hoặc các tần số khác nhau được tìm thấy trong ánh sáng. Bằng cách phân tích quang phổ của ánh sáng sao, người ta có thể xác định rằng các ngôi sao chủ yếu hợp thành từ hyđrô và hêli.

quark (quark): Một hạt hạ nguyên tử tạo nên proton và nơtron. Ba quark hợp thành một proton hay nơtron, và một cặp gồm một quark cùng một phản quark hợp thành meson. Quark cũng chính là một phần của Mô hình Chuẩn.

sao biến quang Cepheid (Cepheid variable): Một ngôi sao thay đổi độ sáng với tốc độ chính xác, có thể tính toán được, do đó đóng vai trò một ngọn "nến chuẩn" để đo đạc khoảng cách trong thiên văn học. Các sao biến quang Cepheid có vai trò quyết định giúp Hubble tính toán khoảng cách tới các thiên hà.

sao kềnh đỏ hay **sao khổng lồ đỏ** (red giant): Một ngôi sao đốt hêli. Sau khi một ngôi sao như Mặt Trời của chúng ta đốt cạn hết nhiên liệu hyđrô, nó bắt đầu dãn nở và tạo thành một sao kềnh đỏ đốt hêli. Điều này có nghĩa là Trái Đất cuối cùng sẽ chết trong biển lửa khi Mặt Trời của chúng ta trở thành một sao kềnh đỏ, sau khoảng 5 tỉ năm nữa.

sao lùn trắng (white dwarf): Một ngôi sao trong các giai đoạn sống cuối cùng của nó, gồm các nguyên tố bậc thấp như ôxy, liti, cacbon, v.v. Chúng được tìm thấy sau khi một sao kềnh đỏ cạn hết nhiên liệu hêli và suy sụp. Thông thường, chúng có kích thước cỡ bằng Trái Đất và nặng không quá 1,4 lần khối lượng Mặt Trời (nếu không chúng sẽ suy sụp).

sao notron (neutron star): Một ngôi sao đã suy sụp bao gồm một khối notron rắn. Nó thường có kích thước khoảng từ 10 tới 15 dặm (16-24 km). Khi ngôi sao quay, nó giải phóng năng lượng theo kiểu bất thường, tạo ra một sao xung. Nó là tàn dư của một sao siêu mới. Nếu sao notron khá lớn, gấp khoảng 3 lần khối lượng Mặt Trời, nó có thể suy sụp thành một lỗ đen.

sao siêu mới (supernova): Một ngôi sao đang nổ tung. Chúng nhiều năng lượng tới mức đôi khi có thể sáng hơn cả một thiên hà. Có vài kiểu sao siêu mới, thú vị nhất là sao siêu mới kiểu Ia. Tất cả chúng có thể được sử dụng làm các ngọn nến chuẩn để đo khoảng cách thiên hà. Các sao siêu mới kiểu Ia được sinh ra khi một sao lùn trắng đang già đi tước đoạt vật chất từ sao đồng hành của nó và bị đẩy quá giới hạn Chandrasekhar, rồi bất ngờ suy sụp và nổ tung.

sao siêu mới kiểu Ia (type Ia supernova): Một sao siêu mới thường được sử dụng làm một ngọn nến chuẩn để đo đạc các khoảng cách. Sao siêu mới này diễn ra trong một hệ sao đôi, nơi một sao lùn trắng từ từ hút vật chất từ một sao đồng hành, đẩy nó vượt quá giới hạn Chandrasekhar (1,4 lần khối lượng Mặt Trời), làm cho nó nổ tung.

sao xung (pulsar): Một sao notron đang quay. Vì nó rất bất thường, nên trông giống như một ngọn đèn hải đăng đang quay, tạo ra vẻ ngoài như một ngôi sao đang nhấp nháy.

(tính) siêu đối xứng (supersymmetry): Tính đối xứng hoán đổi các fermion và các boson. Tính đối xứng này giải quyết vấn đề cấp độ, và nó cũng giúp loại bỏ bất kỳ phân kỳ nào còn lại trong thuyết siêu dây. Nghĩa là mọi hạt trong Mô hình Chuẩn phải có đối tác, được gọi là các siêu hạt, cho đến nay chưa bao giờ được thấy trong phòng thí nghiệm. Về nguyên tắc, tính siêu đối xứng có thể thống nhất tất cả các hạt của vũ trụ thành một đối tượng duy nhất.

siêu không gian (hyperspace): Không gian có số chiều nhiều hơn bốn. Thuyết dây (thuyết M) dự báo rằng phải là mười (mười một) chiều siêu không gian. Hiện tại, không có dữ liệu thực nghiệm chỉ ra sự tồn tại của các chiều bậc cao này, chúng có thể là quá nhỏ không thể đo được.

sóng hấp dẫn (gravity wave): Sóng của lực hấp dẫn, được dự đoán bởi thuyết tương đối rộng của Einstein. Sóng này đã đo được một cách gián tiếp bằng cách xem xét sự già đi của các sao xung đang quay xung quanh nhau.

thăng giáng lượng tử (quantum fluctuation): Các biến thiên rất nhỏ từ thuyết cổ điển của Newton hay Einstein, do nguyên lý bất định. Bản thân vũ trụ có thể đã bắt đầu như một thăng giáng lượng tử trong hư không (siêu không gian). Các thăng giáng lượng tử tại vụ nổ lớn tạo cho chúng ta các quần thiên hà ngày nay. Vấn đề mà hấp dẫn lượng tử phải đối mặt, đã ngăn chúng ta tìm ra một thuyết trường thống nhất trong nhiều thập kỷ, là các thăng giáng lượng tử của thuyết hấp dẫn trở nên lớn vô hạn, đó là điều vô nghĩa. Cho đến nay, chỉ có thuyết dây mới có thể loại trừ các thăng giáng lượng tử vô hạn này của hấp dẫn.

thấu kính và vành Einstein (Einstein lenses and rings): Các biến dạng quang học của ánh sáng sao khi nó vượt qua không gian liên thiên hà do tác động của lực hấp dẫn. Các quần thiên hà xa xăm thường trông giống như một cái vành. Các thấu kính Einstein có thể được sử dụng để tính toán nhiều tham số chủ chốt, bao gồm cả sự hiện diện của vật chất tối và thậm chí cả giá trị của lambda và hằng số Hubble.

thiên hà (galaxy): Một tập hợp rất đông đảo các ngôi sao, thường chứa khoảng chừng 100 tỉ ngôi sao. Thiên hà có vài loại, trong đó có loại elip, loại xoắn (xoắn thông thường và xoắn có thanh ngang) và loại vô định hình. Thiên hà của chúng ta được gọi là Ngân Hà.

thiết bị dò sóng hấp dẫn (gravity wave detector): Một thế hệ các thiết bị mới đo đạc các nhiễu loạn rất nhỏ của sóng hấp dẫn thông qua các chùm tia laser. Các thiết bị dò sóng hấp dẫn như LIGO có thể sớm phát hiện ra chúng. Các thiết bị dò sóng hấp dẫn có thể được sử dụng để phân tích bức xạ phát ra trong vòng một phần nghìn tỉ giây của vụ nổ lớn. Thiết bị dò sóng hấp dẫn đặt trên không gian vũ trụ LISA thậm chí có thể đưa ra bằng chứng thực nghiệm đầu tiên của thuyết dây hoặc một số thuyết khác.

thuyết dây (string theory): Thuyết dựa trên các dây nhỏ đang rung động, sao cho mỗi kiểu rung động tương ứng với một hạt hạ nguyên tử. Nó là thuyết duy nhất có thể kết hợp hấp dẫn với thuyết lượng tử để trở thành ứng viên hàng đầu cho một thuyết vạn vật. Nó là thuyết tự nhất quán duy nhất về mặt toán học trong mười chiều. Phiên bản mới nhất của nó, thuyết M, được định nghĩa trong mười một chiều.

thuyết dây ưu thế lai (heterotic string theory): Thuyết dây thực tế nhất về mặt vật lý. Nhóm đối xứng của nó là E(8) × E(8), đủ lớn để sáp nhập tính đối xứng của Mô hình Chuẩn. Thông qua thuyết M, dây ưu thế lai có thể được chỉ ra là tương đương với bốn thuyết dây khác.

thuyết nhiều thế giới (many-worlds theory): Thuyết lượng tử phát biểu rằng mọi vũ trụ lượng tử có thể có đều có thể tồn tại đồng thời. Thuyết này giải quyết vấn đề con mèo Schrödinger bằng cách phát biểu rằng vũ trụ chia tách ra tại mỗi điểm nối lượng tử, vì thế con mèo sống trong vũ trụ này nhưng lại là chết trong một vũ trụ khác. Gần đây, ngày càng có nhiều nhà vật lý lên tiếng ủng hộ thuyết đa thế giới.

thuyết Kaluza-Klein (Kaluza-Klein theory): Thuyết của Einstein được tạo dựng trong năm chiều. Khi quy giản thành bốn chiều, chúng ta tìm thấy thuyết thông thường của Einstein đi kèm với thuyết ánh sáng của Maxwell. Vì vậy, đây là sự hợp nhất quan trọng đầu tiên của ánh sáng với hấp dẫn. Ngày nay, thuyết Kaluza-Klein được sáp nhập vào trong thuyết dây.

thuyết lượng tử (quantum theory): Thuyết của vật lý hạ nguyên tử. Nó là một trong những thuyết thành công nhất mọi thời đại. Bộ đôi thuyết lượng tử và thuyết tương đối cung cấp toàn bộ kiến thức vật lý cơ bản. Đại thể, thuyết lượng tử dựa trên ba nguyên lý: (1) năng lượng được thấy xuất hiện trong các gói rời rạc gọi là các lượng tử; (2) vật chất dựa trên các hạt điểm nhưng xác suất tìm thấy chúng được diễn tả bằng một sóng, tuân theo phương trình sóng Schrödinger; (3) một phép đo là cần thiết để làm sụp đổ sóng và xác định trạng thái cuối cùng của một vật thể. Các định đề của thuyết lượng tử là sự đảo ngược các định đề của thuyết tương đối rộng, là thuyết mang tính tất định và dựa trên các bề mặt nhẵn. Việc kết hợp thuyết tương đối hẹp và thuyết lượng tử là một trong những vấn đề lớn nhất mà vật lý hiện nay phải đối mặt.

thuyết M (M-theory): Phiên bản tiên tiến nhất của thuyết dây. Thuyết M tồn tại trong siêu không gian mười một chiều, nơi các màng hai và màng năm có thể tồn tại. Có năm cách thức mà thuyết M có thể được quy giản thành mười chiều, theo cách ấy chúng ta có năm thuyết siêu dây đã biết, mà hiện nay hóa ra là từ cùng một thuyết. Các phương trình đầy đủ chi phối thuyết M vẫn hoàn toàn chưa rõ.

thuyết nhiễu loạn (perturbation theory): Quá trình mà các nhà vật lý giải quyết các thuyết lượng tử bằng cách lấy tổng trên một lượng vô hạn các hiệu chỉnh nhỏ. Gần như tất cả các công trình trong thuyết dây được thực hiện thông qua thuyết nhiễu loạn dây, nhưng một số vấn đề thú vị nhất lại nằm ngoài phạm vi của thuyết nhiễu loạn, như tính siêu đối xứng bị phá vỡ. Vì thế, chúng ta cần các phương pháp không nhiễu loạn để giải quyết thuyết dây, mà tại thời điểm hiện tại không thực sự tồn tại trong bất kỳ kiểu hệ thống hóa nào.

thuyết thống nhất lớn (Grand Unified Theory (GUT)): Một lý thuyết hợp nhất các tương tác yếu, mạnh và điện từ (không có hấp dẫn). Tính đối xứng của các thuyết thống nhất lớn, ví dụ như SU(5), là pha trộn các quark và lepton với nhau. Proton không ổn định trong các thuyết này và có thể phân rã thành các positron. Các thuyết thống nhất lớn về bản chất là không ổn định (trừ phi người ta bổ sung tính siêu đối xứng). Các thuyết thống nhất lớn cũng thiếu lực hấp dẫn. (Sự bổ sung lực hấp dẫn vào các thuyết thống nhất lớn làm nảy sinh các phân kỳ vô hạn).

thuyết tất định (determinism): Triết lý cho rằng tất cả mọi thứ được ấn định trước, bao gồm cả tương lai. Theo cơ học Newton, nếu chúng ta biết vận tốc và vị trí của tất cả các hạt trong vũ trụ, thì về nguyên tắc chúng ta có thể tính toán sự phát triển của toàn thể vũ trụ. Tuy nhiên, nguyên lý bất định đã chứng minh rằng thuyết tất định là không chính xác.

thuyết vũ trụ tĩnh định (steady state theory): Thuyết phát biểu rằng vũ trụ không có khởi đầu mà liên tục sinh ra vật chất mới khi nó dãn nở để giữ cho mật độ không đổi. Thuyết này đã bị nghi ngờ vì các lý do khác nhau, một lý do trong số đó là việc phát hiện ra bức xạ nền vi sóng. Ngoài ra, người ta cũng đã thấy rằng các chuẩn tinh và các thiên hà có các giai đoạn phát triển khác biệt.

thuyết trường thống nhất (unified field theory): Thuyết mà Einstein đã tìm kiếm với mong đợi sẽ thống nhất tất cả các lực của tự nhiên thành một thuyết cố kết duy nhất. Ngày nay, ứng viên hàng đầu là thuyết dây hay thuyết M. Einstein ban đầu tin rằng thuyết trường thống nhất của ông có thể hấp thụ cả thuyết tương đối và thuyết lượng tử vào một thuyết cao hơn mà có thể không cần đến các xác suất. Tuy nhiên, thuyết dây là một thuyết lượng tử nên có tồn tại các xác suất.

thuyết tương đối (relativity): Thuyết của Einstein, bao gồm cả hẹp và rộng. Thuyết thứ nhất liên quan tới ánh sáng và không-thời gian phẳng, bốn chiều. Nó dựa trên nguyên lý cho rằng tốc độ ánh sáng là hằng số trong mọi hệ quy chiếu quán tính. Thuyết thứ hai xử lý hấp dẫn và không gian cong. Nó dựa trên nguyên lý cho rằng các hệ quy chiếu hấp dẫn và tăng tốc là không thể phân biệt. Sự kết hợp thuyết tương đối với thuyết lượng tử thể hiện toàn bộ kiến thức vật lý.

thuyết tương đối hẹp (special relativity): Thuyết do Einstein đề xuất năm 1905, dựa trên sự không đổi của tốc độ ánh sáng. Các hệ quả bao gồm: thời gian chậm lại, khối lượng tăng lên và khoảng cách co lại khi bạn di chuyển nhanh hơn. Ngoài ra, vật chất và năng lượng có liên quan qua phương trình $E = mc^2$. Một hệ quả của thuyết tương đối hẹp là bom nguyên tử.

thuyết tương đối rộng (general relativity): Thuyết hấp dẫn của Einstein. Thay vì là một lực, hấp dẫn được quy giản trong thuyết của Einstein thành một sản phẩm phụ của hình học, sao cho độ cong của không-thời gian tạo ra ảo giác rằng có một lực hút được gọi là lực hấp dẫn. Nó đã được xác minh bằng thực nghiệm là chuẩn xác hơn 99,7% và dự đoán sự tồn tại của các lỗ đen và vũ trụ đang dãn nở. Tuy nhiên, thuyết này bất lực tại tâm của lỗ đen hoặc tại thời khắc Sáng thế, khi mà những dự đoán của thuyết trở nên vô nghĩa. Để giải thích các hiện tượng này, người ta phải sử dụng đến thuyết lượng tử.

thử nghiệm Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) (Einstein-Podolsky-Rosen experiment): Một thử nghiệm được nghĩ ra để bác bỏ thuyết lượng tử, nhưng hóa ra lại chỉ ra rằng vũ trụ là không cục bộ. Nếu một vụ nổ phóng ra hai photon liên kết pha theo các hướng ngược nhau, và nếu spin được bảo toàn, thì spin của một photon trái dấu với spin của photon kia. Do đó, bằng cách đo một spin, bạn sẽ biết spin kia, cho dù hạt kia có thể ở phía đầu kia của vũ trụ. Do đó thông tin đã lan truyền nhanh hơn ánh sáng. (Tuy nhiên không thể gửi thông tin có thể sử dụng được, chẳng hạn như tin nhắn, theo kiểu này.)

tinh chỉnh (fine-tuning): Sự điều chỉnh một tham số nào đó tới độ chuẩn xác đáng kinh ngạc. Các nhà vật lý không thích sự tinh chỉnh, coi nó là nhân tạo và chủ ý dự tính, và cố gắng áp đặt các nguyên lý vật lý để loại bỏ sự cần thiết phải tinh chỉnh. Chẳng hạn, sự tinh chỉnh cần để giải thích một vũ trụ phẳng có thể được thay bằng cách giải thích thông qua lạm phát, và sự tinh chỉnh cần để giải quyết vấn đề cấp độ trong thuyết thống nhất lớn có thể được giải quyết bằng cách sử dụng tính siêu đối xứng.

tổng hợp hạt nhân (nucleosynethesis): Các hạt nhân cao hơn được tạo ra từ hyđrô, bắt đầu từ vụ nổ lớn. Theo cách này, người ta có thể thu được sự phổ biến tương đối của tất cả các nguyên tố trong tự nhiên. Đây là một trong ba "bằng chứng" của vụ nổ lớn. Các nguyên tố cao hơn được "nấu" tại trung tâm của các ngôi sao. Các nguyên tố xếp sau sắt được "nấu" trong một vụ nổ sao siêu mới.

trường Higgs (Higgs field): Trường phá vỡ tính đối xứng của các thuyết thống nhất lớn khi nó thực hiện sự chuyển tiếp từ chân không giả tới chân không thật. Các trường Higgs là nguồn gốc của khối lượng trong thuyết thống nhất lớn và cũng có thể được sử dụng để vận hành lạm phát. Các nhà vật lý hy vọng rằng LHC cuối cùng sẽ khám phá ra trường Higgs.

trường phái Copenhagen (Copenhagen school): Trường phái do Niels Bohr sáng lập, phát biểu rằng một sự quan sát là cần thiết nhằm "làm sụp đổ hàm sóng" để xác định trạng thái của một vật thể. Trước khi một quan sát được thực hiện, một vật thể tồn tại trong tất cả các trạng thái có thể, thậm chí cả những trạng thái phi lý. Do chúng ta không quan sát được các con mèo chết và các con mèo sống đang tồn tại đồng thời, Bohr đã phải giả định rằng có một "bức tường" tách thế giới hạ nguyên tử ra khỏi thế giới thực tại hằng ngày. Diễn giải này đã bị tranh cãi vì nó tách thế giới lượng tử ra khỏi thế giới vĩ mô hằng ngày, trong khi nhiều nhà vật lý hiện nay tin rằng thế giới vĩ mô cũng phải tuân theo thuyết lượng tử. Ngày nay, nhờ công nghệ nano, các nhà khoa học có thể thao tác các nguyên tử riêng lẻ, do đó chúng ta nhận ra rằng không có "bức tường" nào chia tách hai thế giới. Vì thế ngày nay vấn đề con mèo lại dấy lên.

vấn đề cấp độ (hierarchy problem): Sự pha trộn không mong muốn diễn ra giữa vật lý năng lượng thấp và vật lý ở độ dài Planck trong các thuyết thống nhất lớn, làm cho chúng trở thành vô dụng. Vấn đề cấp độ có thể được giải quyết bằng cách bổ sung thêm tính siêu đối xứng.

vấn đề chân trời (horizon problem): Bí ẩn tại sao vũ trụ là đồng nhất như vậy, bất kể chúng ta nhìn vào đâu. Ngay cả các vùng trời đêm ở phía đối diện của chân trời cũng đồng nhất, điều này thật kỳ lạ bởi chúng không thể có sự tiếp xúc nhiệt vào lúc thời gian bắt đầu (vì ánh sáng có một vận tốc hữu hạn). Sự kỳ lạ này có thể được giải thích nếu vụ nổ lớn là một mảng đồng nhất rất nhỏ rồi sau đó dãn nở lạm phát thành vũ trụ ngày nay.

vấn đề độ phẳng (flatness problem): Sự tinh chỉnh cần thiết để có một vũ trụ phẳng. Để omega xấp xỉ bằng 1, độ phẳng phải được tinh chỉnh tới độ chuẩn xác khó tin tại thời khắc của vụ nổ lớn. Các thực nghiệm hiện tại chỉ ra rằng vũ trụ là phẳng, do đó hoặc là nó đã được tinh chỉnh tại vụ nổ lớn hoặc có lẽ là vũ trụ đã dãn nở lạm phát để làm phẳng nó.

vật chất kỳ dị (exotic matter): Một dạng vật chất mới với năng lượng âm. Nó khác với phản vật chất có năng lượng dương. Vật chất âm có thể có lực phản hấp dẫn, do đó, nó sẽ bay lên thay vì rơi xuống. Nếu tồn tại, nó có thể được sử dụng để vận hành cỗ máy thời gian. Tuy nhiên, nó chưa bao giờ được tìm thấy.

vật chất tối (dark matter): Vật chất vô hình, có trọng lượng nhưng không tương tác với ánh sáng. Vật chất tối thường được tìm thấy trong các quầng khổng lồ xung quanh các thiên hà. Nó nhiều hơn vật chất thông thường tới 10 lần. Vật chất tối có thể đo được gián tiếp vì lực hấp dẫn của nó uốn cong ánh sáng sao, hơi giống như cách mà thấu kính uốn cong ánh sáng. Vật chất tối, theo các dữ liệu mới nhất, chiếm tới 23% của tổng hàm lượng vật chất/năng lượng của vũ trụ. Theo thuyết dây, vật chất tối có thể được tạo ra từ các hạt hạ nguyên tử, như neutralino, tương ứng với các thăng giáng cao hơn của siêu dây.

vật lý cổ điển (classical physics): Vật lý trước khi thuyết lượng tử ra đời, dựa trên thuyết mang tính tất định của Newton. Thuyết tương đối, vì không kết hợp nguyên lý bất định, là một phần của vật lý cổ điển. Vật lý cổ điển mang tính tất định - nghĩa là, chúng ta có thể dự đoán tương lai nếu biết chuyển động của tất cả các hạt tại thời điểm hiện tại.

vụ co lớn (big crunch): Sự suy sụp cuối cùng của vũ trụ.

Nếu mật độ vật chất là đủ lớn (omega lớn hơn 1), thì có đủ vật chất trong vũ trụ để đảo ngược sự dãn nở ban đầu và làm cho vũ trụ suy sụp trở lại. Nhiệt độ tăng đến vô cùng ở thời khắc của vụ co lớn.

vụ đóng băng lớn (big freeze): Sự kết thúc của vũ trụ khi nó đạt tới gần độ không tuyệt đối. Vụ đóng băng lớn có lẽ là trạng thái cuối cùng của vũ trụ của chúng ta, vì tổng của omega và lambda được cho là bằng 1,0 và do đó vũ trụ ở trong trạng thái lạm phát. Không có đủ vật chất và năng lượng để đảo ngược sự dãn nở ban đầu của vũ trụ, do đó nó có thể sẽ dãn nở mãi mãi.

vụ nổ lớn (big bang): Vụ nổ ban đầu đã tạo ra vũ trụ, làm các thiên hà bắn vèo vèo ra mọi hướng. Khi vũ trụ được tạo ra, nhiệt độ là cực nóng, và mật độ của vật chất là rất lớn. Vụ nổ lớn đã diễn ra 13,7 tỉ năm trước đây, theo như thông tin từ vệ tinh WMAP. Ánh tàn dư của vụ nổ lớn được thấy ngày nay dưới dạng bức xạ nền vi sóng. Có ba "bằng chứng" thực nghiệm của vụ nổ lớn: dịch chuyển đỏ của các thiên hà, bức xạ nền vi sóng vũ trụ, và tổng hợp hạt nhân của các nguyên tố.

vũ trụ de Sitter (de Sitter universe): Một lời giải vũ trụ học của các phương trình Einstein dãn nở theo cấp số mũ. Số hạng chi phối là một hằng số vũ trụ tạo ra sự dãn nở theo cấp số mũ này. Người ta tin rằng vũ trụ đã ở trong một pha de Sitter trong thời kỳ lạm phát, và nó đã dần dần trở về một pha de Sitter trong vòng 7 tỉ năm qua, tạo ra một vũ trụ đang tăng tốc. Nguồn gốc của dãn nở de Sitter này là không rõ.

vũ trụ Friedmann (Friedmann universe): Giải pháp vũ trụ chung nhất của các phương trình Einstein dựa trên một vũ trụ thống nhất, đẳng hướng, đồng nhất. Đây là một giải pháp động, khiến vũ trụ có thể dãn nở thành một vụ đóng băng lớn, sụp đổ thành một vụ co lớn, hoặc lạm phát mãi mãi, tùy thuộc vào giá trị của omega và lambda.

vùng sinh sống được (Goldilocks zone): Dải hẹp các tham số phù hợp với sự sống có trí tuệ. Trong dải này, Trái Đất và vũ trụ ở vị trí "vừa đủ" để tạo ra các hóa chất cần thiết cho sự sống có trí tuệ. Vô số các vùng sinh sống được đã được phát hiện vì các hằng số vật lý của vũ trụ, cũng như vì các tính chất của Trái Đất.

WIMP (Weakly interacting massive particle): Hạt nặng tương tác yếu. Các WIMP được phỏng đoán là hợp thành hầu hết vật chất tối trong vũ trụ. Một ứng viên hàng đầu cho các WIMP là các siêu hạt được thuyết dây dự đoán.

ĐỌC THÊM

Adams, Douglas. *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* (Chỉ dẫn cho người quá giang tới Ngân Hà). New York: Pocket Books, 1979.

Adams, Fred và Greg Laughlin. *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (Năm thời đại của vũ trụ: Bên trong vật lý của sự vĩnh cửu). New York: The Free Press, 1999.

Anderson, Poul. *Tau Zero* (Tau Không). London: Victor Gollancz, 1967.

Asimov, Isaac. *The Gods Themselves* (Bản thân các vị thần). New York: Bantam Books, 1972.

Barrow, John D. *The Artful Universe* (Vũ trụ tinh tế). New York: Nhà xuất bản Đại học Oxford, 1995. (Được nhắc tới như là Barrow2)

———. *The Universe That Discovered Itself* (Vũ trụ tìm ra chính nó). New York: Nhà xuất bản Đại học Oxford, 2000. (Được nhắc tới như là Barrow3)

Barrow, John D. và F. Tipler. *The Anthropic Cosmological Principle* (Nguyên lý vũ trụ vị nhân). New York: Nhà xuất bản Đại học Oxford, 1986. (Nhắc tới như là Barrow1)

Bartusiak, Marcia. *Einstein's Unfinished Symphony: Listening to the Sounds of Space-time* (Bản giao hưởng dở dang của Einstein: Lắng nghe âm thanh của không-thời gian). New York: Berkley Books, 2000.

Bear, Greg. *Eon* (Liên đại). New York: Tom Doherty Associates Books, 1985.

Bell, E. T. *Men of Mathematics* (Những vĩ nhân của toán học). New York: Simon and Schuster, 1937.

Bernstein, Jeremy. *Quantum Profiles* (Sơ lược lượng tử). Princeton, N.J.: Nhà xuất bản Đại học Princeton, 1991.

Brian, Denis. *Einstein: A Life* (Einstein: Một cuộc đời). New York: John Wiley, 1996.

Brownlee, Donald và Peter D. Ward. *Rare Earth* (Trái Đất hiếm). New York: Springer-Verlag, 2000.

Calaprice, Alice (chủ biên). *The Expanded Quotable Einstein* (Trích dẫn mở rộng của Einstein). Princeton: Nhà xuất bản Đại học Princeton, 2000.

Chown, Marcus. *The Universe Next Door: The Making of Tomorrow's Science* (Vũ trụ bên khung cửa: Sáng tạo khoa học tương lai). New York: Nhà xuất bản Đại học Oxford, 2002.

Cole, K. C. *The Universe in a Teacup* (Vũ trụ trong tách trà). New York: Harcourt Brace, 1998.

Crease, Robert và Charles Mann. *The Second Creation: Makers of the Revolution in Twentieth-Century Physics* (Sáng thế hai: Những người tạo nên cách mạng trong vật lý thế kỷ 20). New York: Macmillan, 1986.

Croswell, Ken. *The Universe at Midnight: Observations Illuminating the Cosmos* (Vũ trụ lúc nửa đêm: Các quan sát minh họa vũ trụ). New York: The Free Press, 2001.

Davies, Paul. *How to Build a Time Machine* (Xây dựng cỗ máy thời gian như thế nào?). New York: Penguin Books, 2001. (Nhắc tới như là Davies1)

Davies, P. C. W. và J. Brown. *Superstrings: A Theory of Everything* (Các siêu dây: Một thuyết vạn vật). Cambridge, Vương quốc Anh: Nhà xuất bản Đại học Cambridge, 1988. (Nhắc tới như là Davies2)

Dick, Philip K. *The Man in the High Castle* (Người đàn ông trong lâu đài cao). New York: Vintage Books, 1990.

Dyson, Freeman. *Imagined Worlds* (Các thế giới tưởng tượng). Cambridge, Mass.: Nhà xuất bản Đại học Harvard, 1998.

Folsing, Albrecht. *Albert Einstein*. New York: Penguin Books, 1997.

Gamow, George. *My World Line: An Informal Biography* (Đường đời thế giới của tôi: Tiểu sử không chính thức). New York: Viking Press, 1970. (Nhắc tới như là Gamow1)

———. *One, Two, Three... Infinity* (Một, hai, ba... vô tận). New York: Bantam Books, 1961. (Nhắc tới như là Gamow2)

Goldsmith, Donald. *The Runaway Universe* (Vũ trụ lẩn trốn). Cambridge, Mass.: Perseus Books, 2000.

Goldsmith, Donald và Neil de Grasse Tyson. *Origins* (Nguồn cội). New York: W. W. Norton, 2004.

Gott, J. Richard. *Time Travel in Einstein's Universe* (Du hành thời gian trong vũ trụ của Einstein). Boston: Houghton Mifflin Co., 2001.

Greene, Brian. *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory* (Vũ trụ duyên dáng: Các siêu dây, các chiều ẩn và truy lùng thuyết tối hậu). New York: W. W. Norton, 1999. (Nhắc tới như là Greene1)

———. *The Fabric of the Cosmos* (Cơ cấu vũ trụ). New York: W. W. Norton, 2004.

Gribbin, John. *In Search of the Big Bang: Quantum Physics and Cosmology* (Tìm kiếm vụ nổ lớn: Vật lý lượng tử và vũ trụ học). New York: Bantam Books, 1986.

Guth, Alan. *The Inflationary Universe* (Vũ trụ lạm phát). Reading, Penn.: Addison-Wesley, 1997.

Hawking, Stephen W.; Kip S. Thorne; Igor Novikov; Timothy Ferris và Alan Lightman. *The Future of Space-time* (Tương lai của không-thời gian). New York: W. W. Norton, 2002.

Kaku, Michio. *Beyond Einstein: The Cosmic Quest for the Theory of the Universe* (Vượt trên Einstein: Sự truy lùng vũ trụ vì thuyết vũ trụ). New York: Anchor Books, 1995. (Nhắc tới như là Kaku1)

———. *Hyperspace: A Scientific Odyssey Through Time Warps, and the Tenth Dimension* (Siêu không gian: Cuộc phiêu lưu khoa học xuyên qua uốn cong thời gian và chiều thứ mười). New York: Anchor Books, 1994. (Nhắc tới như là Kaku2)

———. *Quantum Field Theory* (Thuyết trường lượng tử). New York: Nhà xuất bản Đại học Oxford, 1993. (Nhắc tới như là Kaku3)

Kirshner, Robert P. *Extravagant Universe: Exploding Stars, Dark Energy, and the Accelerating Universe* (Vũ trụ ngông cuồng: Các vì sao nổ, năng lượng tối và vũ trụ tăng tốc). Princeton, N.J.: Nhà xuất bản Đại học Princeton, 2002.

Kowalski, Gary. *Science and the Search for God* (Khoa học và tìm kiếm Chúa). New York: Lantern Books, 2003.

Lemonick, Michael D. *Echo of the Big Bang* (Tiếng vang của vụ nổ lớn). Princeton: Nhà xuất bản Đại học Princeton, 2003.

Lightman, Alan và Roberta Brawer. *Origins: The Lives and Worlds of Modern Cosmologists* (Nguồn cội: Các cuộc đời và thế giới của các nhà vũ trụ học). Cambridge, Mass.: Nhà xuất bản Đại học Harvard, 1990.

Margenau, H. và Varghese, R. A. (chủ biên). *Cosmos, Bios, Theos* (Vũ trụ học, Sinh học, Thần học). La Salle, Ill.: Open Court, 1992.

Nahin, Paul J. *Time Machines: Time Travel in Physics, Metaphysics, and Science Fiction* (Các cỗ máy thời gian: Du hành thời gian trong vật lý, siêu hình học và khoa học viễn tưởng). New York: Springer-Verlag, 1999.

Niven, Larry. *N-Space* (Không gian N). New York: Tom Doherty Associates Books, 1990.

Pais, A. *Einstein Lived Here* (Einstein đã sống nơi đây). New York: Nhà xuất bản Đại học Oxford, 1994. (Nhắc tới như là Pais1)

———. *Subtle Is the Lord* (Chúa tinh tế). New York: Nhà xuất bản Đại học Oxford, 1982. (Nhắc tới như là Pais2)

Parker, Barry. *Einstein's Brainchild* (Bộ não thiên tài Einstein). Amherst, N. Y.: Prometheus Books, 2000.

Petters, A. O.; H. Levine; J. Wambsganss. *Singularity Theory and Gravitational Lensing* (Thuyết kỳ dị và thấu kính hấp dẫn). Boston: Birkhauser, 2001.

Polkinghorne, J. C. *The Quantum World* (Thế giới lượng tử). Princeton, N.J.: Nhà xuất bản Đại học Princeton, 1984.

Rees, Martin. *Before the Beginning: Our Universe and Others* (Trước khởi đầu: Vũ trụ của chúng ta và các vũ trụ khác). Reading, Mass.: Perseus Books, 1997. (Nhắc tới như là Rees1)

———. *Just Six Numbers: The Deep Forces that Shape the Universe* (Chỉ sáu tham số: Các lực bí ẩn hình thành vũ trụ). Reading, Mass.: Perseus Books, 2000. (Nhắc tới như là Rees2)

———. *Our Final Hour* (Giờ phút cuối của chúng ta). New

York: Perseus Books, 2003. (Nhắc tới như là Rees3)

Sagan, Carl. *Carl Sagan's Cosmic Connection* (Kết nối vũ trụ của Carl Sagan). New York: Nhà xuất bản Đại học Cambridge, 2000.

Schilpp, Paul Arthur. *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (Albert Einstein: Nhà triết học-Nhà khoa học). New York: Tudor Publishing, 1951.

Seife, Charles. *Alpha and Omega: The Search for the Beginning and End of the Universe* (Alpha và omega: Tìm kiếm khởi đầu và kết thúc của vũ trụ). New York: Viking Press, 2003.

Silk, Joseph. *The Big Bang* (Vụ nổ lớn). New York: W. H. Freeman, 2001.

Smoot, George và Davidson, Keay. *Wrinkles in Time* (Các vết nhăn thời gian). New York: Avon Books, 1993.

Thorne, Kip S. *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy* (Các lỗ đen và uốn cong thời gian: Di sản kỳ quặc của Einstein). New York: W. W. Norton, 1994.

Tyson, Neil de Grasse. *The Sky Is Not the Limit* (Bầu trời không giới hạn). New York: Doubleday, 2000.

Weinberg, Steve. *Dreams of a Final Theory: The Search for the Fundamental Laws of Nature* (Giấc mơ về thuyết cuối cùng: Tìm kiếm các quy luật nền tảng của Tự nhiên). New York: Pantheon Books, 1992. (Nhắc tới như là Weinberg1)

Facing Up: Science and Its Cultural Adversaries (Đối mặt: Khoa học và các đối thủ văn hóa của nó). Cambridge, Mass.: Nhà xuất bản Đại học Harvard, 2001. (Nhắc tới như là Weinberg2)

———. *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe* (Ba phút đầu tiên: Quan điểm hiện đại về nguồn gốc vũ trụ). New York: Bantam New Age, 1977. (Nhắc tới như là Weinberg3)

Wells, H. G. *The Invisible Man* (Người vô hình). New York: Dover Publications, 1992. (nhắc tới như là Wells1)

———. *The Wonderful Visit* (Cuộc viếng thăm kỳ diệu). North Yorkshire, U.K.: House of Status, 2002. (Nhắc tới như là Wells2)

Wilczek, Frank. *Longing for the Harmonies: Themes and*

Variations from Modern Physics (Uớc mơ hài hòa: Các chủ đề và biến tấu từ vật lý hiện đại). New York: W. W. Norton, 1988.

Zee, A. *Einstein's Universe* (Vũ trụ của Einstein). New York: Nhà xuất bản Đại học Oxford, 1989.

MỤC LỤC

LỜI CẢM TẠ 7

LỜI NÓI ĐẦU 11

PHẦN MỘT: VŨ TRỤ

CHƯƠNG MỘT: Những bức ảnh sơ sinh của vũ trụ 17

CHƯƠNG HAI: Vũ trụ nghịch lý 40

CHƯƠNG BA: Vụ Nổ Lớn 67

CHƯƠNG BỐN: Lạm phát và các vũ trụ song song 103

PHẦN HAI: ĐA VŨ TRỤ

CHƯƠNG NĂM: Các cổng đa chiều và Du hành trong thời gian 141

CHƯƠNG SÁU: Các vũ trụ lượng tử song song 180

CHƯƠNG BẢY: Thuyết M: Mẹ của mọi dây 220

CHƯƠNG TÁM: Nhà thiết kế vũ trụ? 287

CHƯƠNG CHÍN: Tìm kiếm tiếng dội từ chiều thứ mười một 304

PHẦN BA: ĐÀO THOÁT VÀO SIÊU KHÔNG GIAN

CHƯƠNG MƯỜI: Kết thúc của vạn vật 337

CHƯƠNG MƯỜI MỘT: Đào thoát khỏi vũ trụ này 356

CHƯƠNG MƯỜI HAI: Bên kia đa vũ trụ 399

GHI CHÚ 421

CHÚ GIẢI THUẬT NGỮ 446

ĐỌC THÊM 475